

**ANALISIS KLASTER DENGAN METODE ALGORITMA *ENSEMBLE*  
*BASED FUZZY GUSTAFSON KESSEL***

**(Studi Kasus: Realisasi Investasi Provinsi Jawa Barat Tahun 2021)**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat Memperoleh Gelar Sarjana  
Program Studi Matematika



Oleh:

Hilmi Taufiqurohman

1805146

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN MATEMATIKA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

**2022**

**ANALISIS KLASTER DENGAN METODE ALGORITMA *ENSEMBLE BASED FUZZY*  
*GUSTAFSON KESSEL***

(STUDI KASUS: REALISASI INVESTASI PROVINSI JAWA BARAT 2021)

**LEMBAR HAK CIPTA**

Oleh

Hilmi Taufiqurohman

NIM 1805146

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana matematika pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Hilmi Taufiqurohman 2022

Universitas Pendidikan Indonesia

Hak cipta dilindungi undang-undang. Skripsi ini tidak boleh diperbanyak sebagian atau seluruhnya dengan dicetak ulang, fotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

# LEMBAR PENGESAHAN

HILMI TAUFIQUROHMAN

## ANALISIS KLASTER DENGAN METODE ALGORITMA *ENSEMBLE BASED FUZZY* *GUSTAFSON KESSEL*

(STUDI KASUS: REALISASI INVESTASI PROVINSI JAWA BARAT 2021)

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I



**Dewi Rachmatin, S.Si., M.Si**

**NIP. 196909291994122001**

Pembimbing II



**Fitriani Agustina, S.Si., M.Si**

**NIP. 198108142005012001**

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Matematika



**Dr. H. Dadang Juandi, M.Si**

**NIP. 196401171992021001**

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan karuniaNya kepada penulis, sehingga dapat menyusun skripsi dengan judul “Analisis Klaster dengan Metode Algoritma *Ensemble Based Fuzzy Gustafson Kessel*”. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana matematika di Universitas Pendidikan Indonesia.

Skripsi ini terdiri dari lima bab. Bab I berisi pendahuluan yang terdiri dari latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian. Bab II berupa kajian pustaka yang mendasari skripsi ini. Bab III berisi metodologi penelitian, variabel penelitian, dan tahapan penelitian. Bab IV menyajikan hasil penelitian disertai pembahasannya. Bab V berisi uraian simpulan dan saran.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, namun penulis telah berusaha semaksimal mungkin. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritikan yang sifatnya membangun. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri, pembaca dan dunia pendidikan.

Bandung, Agustus 2022

Penulis



Hilmi Taufiqurohman

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini berkat bantuan, bimbingan, arahan dan motivasi dari berbagai pihak. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat

1. Dewi Rachmatin, S.Si., M.Si., selaku dosen Pembimbing 1, dan Pembimbing Akademis yang di tengah-tengah kesibukannya, telah memberikan bimbingan, arahan dan kritis terhadap berbagai permasalahan, sehingga penyusunan skripsi ini berjalan dengan baik.
2. Fitriani Agustina, S.Si., M.Si, selaku Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, arahan dan saran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Dr. H. Dadang Djuandi, M.Si., selaku Ketua Departemen Pendidikan Matematika FPMIPA UPI Bandung.
4. Dr. Cece Kustiawan, S.Si., M.Si., selaku Ketua Prodi Matematika FPMIPA UPI Bandung.
5. Bapak dan Ibu Dosen Prodi Matematika UPI Bandung yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan kepada penulis selama mengikuti perkuliahan kurang lebih 4 tahun ini.
6. Ayahanda Baban Barli Suhendra dan Ibunda Tati Nurhayati tercinta atas segala bantuan, bimbingan, serta doa restu yang diberikan kepada penulis selama ini.
7. Teman-teman terdekat Annisa Alifia, Zhafira, Zahra, Syifa, Fairouz, Rian, Tigin, Dika, Fadhilah, Athala, Wanda, Nadila, Pitria, dan Sarmila yang telah membantu dan memberikan semangat setiap harinya.
8. Rekan-rekan DPMPTSP Jawa Barat dan StickEarn atas segala pengertian, doa, dan dukungannya.
9. Rekan-rekan mahasiswa prodi matematika angkatan 2018 atas dukungannya.
10. Serta semua pihak yang telah membantu penulisan skripsi ini.

Semoga amal baik semua pihak mendapatkan balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Aamiin.

Bandung, Agustus 2022

Penulis

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, flowing loop on the left and a more angular, stylized shape on the right, ending in a horizontal line with two short vertical strokes below it.

Hilmi Taufiqurohman

# ANALISIS KLASTER DENGAN METODE *ALGORITMA ENSEMBLE BASED FUZZY GUSTAFSON KESSEL*

(Studi Kasus: Realisasi Investasi Provinsi Jawa Barat Tahun 2021)

## ABSTRAK

Analisis klaster adalah sebuah teknik untuk mengelompokkan beberapa objek ke dalam kelompok-kelompok sesuai dengan karakteristik tertentu. Analisis klaster akan mengalokasikan sekelompok individu pada suatu kelompok-kelompok yang saling bebas sehingga individu-individu di dalam kelompok itu mirip satu dengan yang lainnya, sementara itu berbeda karakteristiknya dengan yang di luar kelompok. *Fuzzy Clustering* merupakan salah satu metode analisis klaster dengan mempertimbangkan tingkat keanggotaan yang mencakup himpunan *fuzzy* sebagai dasar pembobot bagi pengelompokan. Metode ini merupakan pengembangan dari metode *clustering* data dengan pembobotan *fuzzy*. Pengelompokan *Fuzzy Gustafson-Kessel* merupakan pengembangan dari Fuzzy C-Means (FCM). Nilai pembentuk matriks pada metode pengelompokan ini disebut *adaptive distance norm* yang diperbarui di setiap iterasi. Sehingga, pengelompokan ini mampu lebih menyesuaikan bentuk geometris fungsi keanggotaan yang tepat untuk sebuah himpunan data. Tujuan penelitian ini adalah mengelompokkan kabupaten dan kota di Jawa Barat dengan metode *ensemble fuzzy gustafson kessel*. Dengan menggunakan data realisasi investasi, didapat bahwa metode *fuzzy gustafson kessel* dengan jumlah klaster 3 menjadi yang paling optimal.

**Kata kunci:** Analisis Klaster Fuzzy, Fuzzy Gustafson Kessel, Realisasi Investasi

# CLUSTER ANALYSIS USING ENSEMBLE BASED FUZZY GUSTAFSON KESSEL METHOD

(Case Study: Investment Realization of West Java Province in 2021)

## ABSTRACT

Cluster analysis is a technique for grouping several objects into groups according to certain characteristics. Cluster analysis will allocate a group of individuals to independent groups so that individuals in the group are similar to one another, while differing in characteristics from those outside the group. Fuzzy Clustering is a method of cluster analysis by considering the level of membership which includes fuzzy sets as a weighting basis for grouping. This method is a development of the data clustering method with fuzzy weighting. Fuzzy Gustafson-Kessel grouping is the development of Fuzzy C-Means (FCM). The matrix forming value in this grouping method is called the adaptive distance norm which is updated in each iteration. Thus, this grouping is able to better adjust the geometric shape of the right membership function for a data set. The purpose of this study was to classify districts and cities in West Java using the Gustafson Kessel fuzzy ensemble method. By using investment realization data, it is found that the fuzzy Gustafson Kessel method with the number of clusters 3 is the most optimal.

**Keywords:** Fuzzy Cluster Analysis, Fuzzy Gustafson Kessel, Investment Realization.



## Daftar Isi

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>UCAPAN TERIMAKASIH</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.4.1 Manfaat Teoritis.....	4
1.4.2 Manfaat Praktis .....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II</b> .....	<b>6</b>
<b>KAJIAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Penanaman Modal.....	6
2.2 Tenaga Kerja .....	6
2.3 Laporan Kegiatan Penanaman Modal .....	7
2.4 Analisis Kluster .....	8
2.4.1 <i>Hierarchical Clustering</i> .....	8
2.4.2 <i>Non Hierarchical Clustering</i> .....	9
2.5 Standarisasi Data .....	9
2.6 Kaiser-Meyer-Olkin .....	10
2.7 Bartlett Test.....	11
2.8 Jarak Mahalanobis.....	11
2.9 Analisis Komponen Utama .....	12
2.10 Logika <i>Fuzzy</i> .....	13
2.10.1 Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	13

2.10.2 Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy</i> .....	14
2.11 <i>Fuzzy Clustering</i> .....	17
2.12 Algoritma <i>Fuzzy C-Means (FCM)</i> .....	18
2.13 Algoritma <i>Fuzzy Gustafson Kessel (FGK)</i> .....	19
2.14 <i>Ensamble Methods</i> .....	20
2.15 Index Xie Beni .....	23
2.8 Program RStudio.....	23
2.8.1 <i>Packages fclust</i> .....	23
<b>BAB III.....</b>	<b>24</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>24</b>
3.1 Jenis dan Sumber Data .....	24
3.2 Pendekatan dan Variabel Penelitian .....	24
3.3 Tahapan Penelitian .....	25
<b>BAB IV.....</b>	<b>28</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>28</b>
4.1 Data Studi Kasus .....	28
4.2 Standarisasi Data .....	30
4.3 Pengujian Kecukupan Data .....	32
4.4 Uji Independensi .....	33
4.5 Uji <i>Outlier</i> (Jarak Mahalanobis) .....	33
4.6 Analisis Komponen Utama .....	33
4.6 <i>Fuzzy C-Means</i> .....	34
4.7 <i>Fuzzy Gustafson Kessel</i> .....	39
4.8 Index Xie-Beni .....	44
<b>BAB V .....</b>	<b>47</b>
<b>PENUTUP.....</b>	<b>47</b>
5.1 Simpulan.....	47
5.2 Saran.....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>49</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria Nilai KMO.....	11
Tabel 3.1 Daftar Kabupaten dan Kota di Jawa Barat.....	25
Tabel 3.2 Variabel Penelitian.....	26
Tabel 4.1 Standarisasi Realisasi Investasi di Jawa Barat.....	32
Tabel 4.2 Nilai Proporsi Kumulatif Varian Komponen Utama.....	35
Tabel 4.3 Hasil Pengelompokkan Metode FCM Dengan Jumlah Klaster 2.....	36
Tabel 4.4 Hasil Pengelompokkan Metode FCM Dengan Jumlah Klaster 3.....	37
Tabel 4.5 Hasil Pengelompokkan Metode FCM Dengan Jumlah Klaster 4.....	38
Tabel 4.6 Hasil Pengelompokkan Metode FGK Dengan Jumlah Klaster 2.....	40
Tabel 4.7 Hasil Pengelompokkan Metode FGK Dengan Jumlah Klaster 3.....	42
Tabel 4.8 Hasil Pengelompokkan Metode FGK Dengan Jumlah Klaster 4.....	43
Tabel 4.9 Nilai Index Xie-Beni.....	45
Tabel 4.10 Nilai Median Masing-Masing Klaster.....	45
Tabel 4.11 Karakteristik Masing-Masing Klaster.....	46

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Representasi Linear Naik.....	15
Gambar 2.2 Representasi Linear Turun.....	15
Gambar 2.3 Representasi Kurva Segitiga.....	16
Gambar 2.4 Representasi Kurva Trapesium.....	17
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	28
Gambar 4.1 Data PMA Kabupaten dan Kota di Jawa Barat Tahun .....29	29
Gambar 4.2 Data PMDN Kabupaten dan Kota di Jawa Barat Tahun 2021.....	30
Gambar 4.3 Data LKPM Kabupaten dan Kota di Jawa Barat Tahun 2021.....	30
Gambar 4.4 Data Tenaga Kerja Kabupaten dan Kota di Jawa Barat Tahun 2021.....	31
Gambar 4.5 <i>Output</i> Uji KMO Pada RStudio.....	33
Gambar 4.6 <i>Output</i> Uji Independensi Pada RStudio.....	34
Gambar 4.7 <i>Output</i> Uji <i>Outlier</i> Pada RStudio.....	34
Gambar 4.8 Visualisasi Hasil Pengelompokkan Metode FCM Dengan Jumlah Klaster 2.....	36
Gambar 4.9 Visualisasi Hasil Pengelompokkan Metode FCM Dengan Jumlah Klaster 3.....	38

Gambar 4.10 Visualisasi Hasil Pengelompokkan Metode FCM Dengan Jumlah Klaster 4.....	39
Gambar 4.11 Visualisasi Hasil Pengelompokkan Metode FGK Dengan Jumlah Klaster 2.....	41
Gambar 4.12 Visualisasi Hasil Pengelompokkan Metode FGK Dengan Jumlah Klaster 3.....	42
Gambar 4.13 Visualisasi Hasil Pengelompokkan Metode FGK Dengan Jumlah Klaster 4.....	44
Gambar 4.14 Pemetaan Hasil Pengelompokkan Metode FGK Dengan Jumlah Klaster 3.....	47

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Data Realisasi Investasi Kabupaten dan Kota di Jawa Barat.....	52
Lampiran 2. <i>Syntax</i> Uji Kecukupan Data – KMO.....	53
Lampiran 3. <i>Syntax</i> Uji Independensi – Bartlett.....	54
Lampiran 4. <i>Syntax</i> Uji <i>Outlier</i> – Jarak Mahalanobis.....	55
Lampiran 5. <i>Output</i> Derajat Keanggotaan Fuzzy C-Means Jumlah Klaster 2.....	56
Lampiran 6. <i>Output</i> Derajat Keanggotaan Fuzzy C-Means Jumlah Klaster 3.....	57
Lampiran 7. <i>Output</i> Derajat Keanggotaan Fuzzy C-Means Jumlah Klaster 4.....	58
Lampiran 8. <i>Output</i> Derajat Keanggotaan Fuzzy Gustafson Kessel Jumlah Klaster 2.....	59
Lampiran 9. <i>Output</i> Derajat Keanggotaan Fuzzy Gustafson Kessel Jumlah Klaster 3.....	60
Lampiran 10. <i>Output</i> Derajat Keanggotaan Fuzzy Gustafson Kessel Jumlah Klaster 4.....	61
Lampiran 11. <i>Output</i> Hasil PCA.....	62

## DAFTAR PUSTAKA

- Artigue, H. & Smith, G. (2019). *Cogent Mathematics & Statistics*. Oxfordshire: Taylor & Francis.
- Babuska, R., Veen, P. Y., & Kaymak, U. (2002). *Improved Covarians Estimation for Gustafson Kessel Clustering*. IEEE.
- Balasko, B., Abonyi, J. & Feil B. (2007). *Fuzzy Clustering and Data Analysis*. University of Vezprem: Vezprem.
- Basri, B., Syarli, S., & Febryatnti, F. (2018). *Multi-Attribute Analysis With AHP Algorithm to Optimize Student Ranking Rekomendasi in Educational Process. In International Conference Research on Education, Social, Science and Technology (ICREST) 2018*. Pare-Pare: IOP with Muhammadiyah University of Parepare
- Bezdek, J.C. (1981). *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*. New York: Plenum Press.
- BKPM. (2005). *Peraturan Badan Koodinasi Penanaman Modal*. Jakarta: Kementrian Investasi
- BKPM. (2021). *Ditopang Investasi, Realisasi Penyerapan Tenaga Kerja Alami Peningkatan*. Jakarta: Publikasi BKPM
- Dietterich, T. G. (2000). *Ensemble Methods in Machine Learning*. Berlin: Heidelberg.
- DPMPTSP Provinsi Jawa Barat. (2022). *West Java Investment Report*. Bandung: Humas DPMPTSP Provinsi Jawa Barat.
- Firmansyah, A. F., Pramana, S. (2018). *Ensemble Based Gustafson Kessel Fuzzy Clustering*. Journal of Data Science and its Applications.
- Graves, D. & Pedrycz W. (2010). *Kernel-Based Fuzzy Clustering and Fuzzy Clustering: A Comparative Experimental Study*. Elsevier.
- Giordani, G. (2019). *Fclust Documentation*. New York: R Core Team
- Gustafson, D. & Kessel, W. C. (1979). *Fuzzy Clustering with a Fuzzy Covariance Matrix*. San Diego: Paper in Proceedings of the IEE on Decision and Control.

- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E. (2009). *Multivariate Data Analysis*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Hennig, C., Meila, M., Murtagh, F., & Rocci, R. (2015). *Handbook of Cluster Analysis*. Washington: Chapman & Hall/CRC.
- Jansen, S.M.H. (2007) *Customer Segmentation and Customer Profiling for a Mobile Telecommunications Company Based on Usage Behavior*, Maastricht.
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Kemenkeu. (2007). *Undang-Undang Republik Indonesia*. Jakarta: Lembaran Negara Republik Indonesia
- Kuncoro, Mudrajad. (2000). *Ekonomi Pembangunan, Teori, Masalah, dan Kebijakan*. Jakarta: Erlangga.
- Kusumadewi, S., & Hari, P. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S., Hartati S., Wirdoyo, R. (2006). *Fuzzy Multi-attribute Decision Making*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kolen, J. F., & Pollack, J. B. (1991). *Advances in Neural Information Processing Systems*. San Fransisco: CA. Morgan Kaufmann
- Mahalanobis, P. C. (1936). *On the Generalized Distance in Statistics*. Jatani: National Institute of Science of India.
- Maharaj E. A., D'Urso, P., Caiado J. (2019). *Time Series Clustering and Classification*. Washington: Chapman & Hall/CRC.
- R. C. T., (2022). *R Documentation*. New York: R Core Team
- Rencher, A. (1998). *Multivariate Statistical Inference and Application*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Santosa, S. (2002). *Statistik Parametrik*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Sharma, S. (1996). *Applied Multivariate Techniques*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Sutedi A. (2008). *Hukum Perburuhan*. Jakarta: Sinar Grafika.

- Tikson, D. T. (2005). *Indikator-Indikator Pembangunan Ekonomi*. Makassar: Gemilang.
- Ulrich, H., & Rodabaugh, S. E. (1999). *Mathematics of Fuzzy Sets*. New York: Springer Science+Business Media.
- Walpole, R. E., Raymond, H., Shalton, L. (2012) *Probability & Statistics for Engineers & Scientist*. Boston: Pearson Education, Inc.
- Warpole, R., E. (1998). *Introduction to Statistics*. New York: Mc Millan.
- Wu K., L., (2012). *Analysis of Parameter Selections for Fuzzy C-Means*. Pattern Recognition.
- Zadeh, L. A. (1965). *Information and Control: Fuzzy Sets*. California: University of California.
- Zhou, Z. H., (2012). *Ensemble Methods Foundations and Algorithms*. New York: CRC Press.