# IMPLEMENTASI *POSSIBILISTIC FUZZY C-MEANS* DENGAN VALIDITAS *MODIFIED PARTITION COEFFICIENT* PADA *CLUSTERING* PREVALENSI BALITA *STUNTING* DI INDONESIA

**SKRIPSI**

**OLEH:**
**ALIVIA FAIZATUZ ZAHRO**
**NIM. 210601110064**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA**
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG**
**2024**

# IMPLEMENTASI *POSSIBILISTIC FUZZY C-MEANS* DENGAN VALIDITAS *MODIFIED PARTITION COEFFICIENT* PADA *CLUSTERING* PREVALENSI BALITA *STUNTING* DI INDONESIA

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada**
**Fakultas Sains dan Teknologi**
**Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang**
**untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam**
**Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)**

**Oleh**
**Alivia Faizatuz Zahro**
**NIM. 210601110064**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA**
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG**
**2024**

# IMPLEMENTASI *POSSIBILISTIC FUZZY C-MEANS* DENGAN VALIDITAS *MODIFIED PARTITION COEFFICIENT* PADA *CLUSTERING* PREVALENSI BALITA *STUNTING* DI INDONESIA

**SKRIPSI**

**Oleh**
**Alivia Faizatuz Zahro**
**NIM. 210601110064**

Telah Disetujui Untuk Diuji

Malang, 08 November 2024

| Dosen Pembimbing I | Dosen Pembimbing II |
|---|---|
| Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si. | Juhari, M.Si. |
| NIPPPK. 19900709 202321 2 037 | NIPPPK. 19840209 202321 1 010 |

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika

Dr. Elly Susanti, M.Sc.
NIP. 19741129 200012 2 005

# IMPLEMENTASI *POSSIBILISTIC FUZZY C-MEANS* DENGAN VALIDITAS *MODIFIED PARTITION COEFFICIENT* PADA *CLUSTERING* PREVALENSI BALITA *STUNTING* DI INDONESIA

**SKRIPSI**

**Oleh**
**Alivia Faizatuz Zahro**
**NIM. 210601110064**

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)
Tanggal 20 Desember 2024

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ketua Penguji | : | Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M. Si. | ..... |
| Anggota Penguji 1 | : | Dr. Fachrur Rozi, M.Si. | ..... |
| Anggota Penguji 2 | : | Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si. | ..... |
| Anggota Penguji 3 | : | Juhari, M.Si. | ..... |

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika

Dr. Elly Susanti, M.Sc.
NIP. 19741129 200012 2 005

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

| | | |
|---|---|---|
| Nama | : | Alivia Faizatuz Zahro |
| NIM | : | 210601110064 |
| Program Studi | : | Matematika |
| Fakultas | : | Sains dan Teknologi |
| Judul Skripsi | : | Implementasi *Possibilistic Fuzzy C-Means* dengan Validitas *Modified Partition Coefficient* pada *Clustering* Prevalensi Balita *Stunting* di Indonesia |

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan dan pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 20 Desember 2024

Yang membuat pernyataan,




Alivia Faizatuz Zahro

NIM. 210601110064

**MOTO**

"*Dream Big, Hustle Harder, and Always Remember Allah"*

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

Mama dan Ayah tercinta yang senantiasa memberikan doa, dukungan, nasihat, dan motivasi terbaik untuk kesuksesan penulis. Adik tersayang yang selalu memberikan doa dan semangat kepada penulis. Sahabat-sahabat dan *partner* penulis yang selalu memberikan bantuan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

# KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Implementasi *Possibilistic Fuzzy C-Means* dengan Validitas *Modified Partition Coefficient* Pada *Clustering* Prevalensi Balita *Stunting* di Indonesia". Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dalam bidang Matematika di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dan ketua penguji dalam ujian skripsi yang telah memberikan arahan, nasihat, serta saran yang bermanfaat kepada penulis.
3. Dr. Elly Susanti, M.Sc., selaku ketua Program Studi Matematika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan nasihat dan motivasi demi keberhasilan penelitian.
4. Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si., selaku dosen pembimbing I yang senantiasa memberikan berbagai pengetahuan, nasihat, motivasi, dan arahan dalam proses penyusunan hingga penyelesaian skripsi kepada penulis.
5. Juhari, M.Si., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan ilmu, nasihat, motivasi, dan arahan dalam proses penyusunan hingga penyelesaian skripsi kepada penulis.
6. Dr. Fachrur Rozi, M.Si., selaku anggota penguji I dalam ujian skripsi yang telah memberikan arahan, nasihat, serta saran yang bermanfaat kepada penulis.

7. Seluruh dosen Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
8. Ayah Fauzi dan Mama Lia tercinta, Adik Azril tersayang dan seluruh keluarga yang ikut serta mendoakan, memberikan semangat, dukungan dengan ikhlas secara moril maupun materil, nasihat, serta kasih sayang sehingga proses penyusunan skripsi dapat berjalan dengan lancar dan dapat diselesaikan dengan baik.
9. *Partner* dan sahabat penulis, Wildan, Safira, Nabila, Dicky, Adit, dan Najib yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, serta waktu yang berharga dalam masa-masa proses penyusunan skripsi hingga selesai.
10. Penghuni grup "Alip gamau diajak" dan "Vrullllll" yang juga memberikan bantuan dan semangat kepada penulis.
11. Seluruh teman-teman TEOREMA Program Studi Matematika Angkatan 2021 yang senantiasa memberikan semangat kepada penulis.

Semoga Allah SWT. Memberikan balasan atas segala bantuan dan kebaikan yang telah diberikan kepada penulis. Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penyusunan laporan penelitian ini. Penulis berharap adanya skripsi ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi penulis maupun pembaca. Selain itu, penulis berharap skripsi ini dapat dijadikan referensi untuk penelitian lanjutan.

*Wa'alaikumussalam warahmatullahi wabarakatuh*

Malang, 20 Desember 2024

Penulis

## DAFTAR ISI


**HALAMAN JUDUL** ..... **i**
**HALAMAN PENGAJUAN** ..... **ii**
**HALAMAN PERSETUJUAN** ..... **iii**
**HALAMAN PENGESAHAN** ..... **iv**
**PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN** ..... **v**
**MOTO** ..... **vi**
**PERSEMBAHAN** ..... **vii**
**KATA PENGANTAR** ..... **viii**
**DAFTAR ISI** ..... **x**
**DAFTAR TABEL** ..... **xii**
**DAFTAR GAMBAR** ..... **xiii**
**DAFTAR SIMBOL** ..... **xiv**
**DAFTAR LAMPIRAN** ..... **xv**
**ABSTRAK** ..... **xvi**
**ABSTRACT** ..... **xvii**
**مستخلص البحث** ..... **xviii**
**BAB I PENDAHULUAN** ..... **1**
1.1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Rumusan Masalah ..... 8
1.3 Tujuan Penelitian ..... 8
1.4 Manfaat Penelitian ..... 9
1.5 Batasan Masalah ..... 9
1.6 Definisi Istilah ..... 10
**BAB II KAJIAN TEORI** ..... **12**
2.1 Teori Pendukung ..... 12
2.1.1 *Clustering* ..... 12
2.1.2 *Fuzzy C-Means* (FCM) ..... 14
2.1.3 *Possibilistic C-Means* (PCM) ..... 18
2.1.4 *Possibilistic Fuzzy C-Means* (PFCM) ..... 21
2.1.5 Validitas *Cluster* ..... 24
2.1.6 *Stunting* ..... 26
2.2 Kajian Integrasi Topik dengan Al-Quran/Hadits ..... 28
2.3 Kajian Topik dengan Teori Pendukung ..... 30
**BAB III METODE PENELITIAN** ..... **33**
3.1 Jenis Penelitian ..... 33
3.2 Data dan Sumber Data ..... 33
3.3 Teknik Pengumpulan Data ..... 34
3.4 Tahapan Penelitian ..... 34
3.5 Diagram Alir Penelitian ..... 38
**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN** ..... **40**
4.1 Analisis Deskriptif ..... 40
4.2 *Outlier* ..... 44
4.3 Standardisasi Data ..... 46
4.4 Hasil *Clustering Fuzzy C-Means* (FCM) ..... 48
4.5 Hasil *Clustering Possibilistic Fuzzy C-Means* (PFCM) ..... 57

4.6 Hasil Validitas *Modified Partition Coefficient* (MPC) ..... 74
4.7 Interpretasi Hasil *Clustering* ..... 75
4.8 Kajian Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam ..... 84
**BAB V PENUTUP ..... 86**
5.1 Kesimpulan ..... 86
5.2 Saran untuk Penelitian Lanjutan ..... 87
**DAFTAR PUSTAKA ..... 88**
**LAMPIRAN ..... 92**
**RIWAYAT HIDUP ..... 132**

# DAFTAR TABEL


Tabel 1.1 Variabel dan Parameter Metode *Fuzzy Clustering* ..... 2
Tabel 1.2 Matriks Perbedaan Metode *Fuzzy Clustering* ..... 2
Tabel 2.1 Kriteria Validitas MPC ..... 26
Tabel 3.1 Variabel Data Penelitian ..... 34
Tabel 4.1 Analisis Deskriptif Variabel..... 40
Tabel 4.2 Standardisasi Data..... 46
Tabel 4.3 Akurasi Nilai *Error*..... 50
Tabel 4.4 Derajat Keanggotaan Kabupaten/Kota di Indonesia..... 71
Tabel 4.5 Rata-Rata Data Asli Setiap *Cluster*..... 71
Tabel 4.6 Hasil *Clustering* ..... 75
Tabel 4.7 Provinsi dengan *Cluster* 3 Terbanyak..... 81

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian ..... 38
Gambar 4.1 *Outlier* Variabel Data Penelitian ..... 45
Gambar 4.2 Sebaran Prevalensi Balita *Stunting* Kabupaten/Kota di Indonesia. 79
Gambar 4.3 Sebaran Kabupaten/Kota *Cluster* Kategori Tinggi ..... 80

## DAFTAR SIMBOL

| | | |
|---|---|---|
| $X_1$ | : | Jumlah Ibu Hamil Menerima Tablet Tambah Darah (TTD) |
| $X_2$ | : | Jumlah Bayi Menerima Inisiasi Menyusui Dini (IMD) |
| $X_3$ | : | Jumlah Bayi Selama 6 Bulan Menerima ASI Eksklusif |
| $X_4$ | : | Jumlah Bayi Menerima Vitamin A |
| $X_5$ | : | Jumlah Bayi Menerima Imunisasi Dasar Lengkap |
| $X_6$ | : | Jumlah Bayi Berat Badan Lahir Rendah |
| $X_7$ | : | Jumlah Keluarga dengan Akses Fasilitas Sanitasi Layak |
| $d_{ik}$ | : | Matriks jarak data dengan *cluster* |
| $\boldsymbol{Z}$ | : | Matriks data penelitian |
| $z_{ij}$ | : | Elemen matriks data penelitian |
| $\boldsymbol{U}$ | : | Matriks partisi |
| $u_{ik}$ | : | Elemen matriks *random* |
| $\mu_{ik}$ | : | Elemen matriks partisi $\boldsymbol{U}$ |
| $\boldsymbol{V}$ | : | Matriks pusat *cluster* |
| $v_{kj}$ | : | Elemen matriks pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ |
| $\boldsymbol{T}$ | : | Matriks kekhasan absolut |
| $t_{ik}$ | : | Elemen matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ |
| $m$ | : | Pangkat pembobot *fuzzy* |
| $\eta$ | : | Pangkat pembobot *possibilistic* |
| $\varepsilon$ | : | Nilai minimum *error* |
| $Q_i$ | : | Jumlah baris setiap data |
| $J_m$ | : | Fungsi objektif FCM |
| $J_\eta$ | : | Fungsi objektif PCM |
| $J_{m,\eta}$ | : | Fungsi objektif PFCM |
| $t$ | : | Iterasi ke- |
| $\gamma_k$ | : | Parameter penalti PCM |
| $c$ | : | Jumlah *cluster* |
| $p$ | : | Jumlah data |
| $q$ | : | Jumlah variabel |
| $K$ | : | Koefisien parameter penalti PCM |
| $a$ | : | Koefisien matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ |
| $b$ | : | Koefisien matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ |

## DAFTAR LAMPIRAN


Lampiran 1. Data Penelitian ..... 92
Lampiran 2. Standardisasi Data ..... 110
Lampiran 3. Matriks Partisi $\boldsymbol{U}$ *Random* FCM ..... 111
Lampiran 4. Matriks Partisi $\boldsymbol{U}$ Normalisasi FCM ..... 112
Lampiran 5. Matriks Pusat *Cluster* $\boldsymbol{V}$ FCM Iterasi Pertama ..... 113
Lampiran 6. Perbaikan Matriks Partisi $\boldsymbol{U}$ FCM Iterasi Pertama ..... 114
Lampiran 7. Matriks Partisi $\boldsymbol{U}$ Akhir FCM ..... 115
Lampiran 8. Matriks Pusat *Cluster* $\boldsymbol{V}$ Akhir FCM ..... 116
Lampiran 9. Matriks Kekhasan Absolut $\boldsymbol{T}$ PFCM Iterasi Pertama ..... 117
Lampiran 10. Matriks Pusat *Cluster* $\boldsymbol{V}$ PFCM Iterasi Pertama ..... 118
Lampiran 11. Perbaikan Matriks Kekhasan Relatif $\boldsymbol{U}$ PFCM Iterasi Pertama . 119
Lampiran 12. Perbaikan Matriks Kekhasan Absolut $\boldsymbol{T}$ PFCM Iterasi Pertama 120
Lampiran 13. Matriks Kekhasan Relatif $\boldsymbol{U}$ Akhir PFCM ..... 121
Lampiran 14. Matriks Kekhasan Absolut $\boldsymbol{T}$ Akhir PFCM ..... 122
Lampiran 15. Matriks Pusat *Cluster* $\boldsymbol{V}$ Akhir PFCM ..... 123
Lampiran 16. Rata-Rata Data Asli Setiap *Cluster* ..... 124
Lampiran 17. Hasil *Clustering* PFCM ..... 125
Lampiran 18. *Syntax Code R* untuk Clustering PFCM ..... 126
Lampiran 19. *Syntax Code R* untuk Validitas MPC ..... 131

# ABSTRAK

Zahro, Alivia Faizatuz. 2024. **Implementasi *Possibilistic Fuzzy C-Means* dengan Validitas *Modified Partition Coefficient* pada *Clustering* Prevalensi Balita *Stunting* di Indonesia**. Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si. (II) Juhari, M.Si.

**Kata Kunci:** *Clustering*; *Modified Partition Coefficient*; *Possibilistic Fuzzy C-Means*; *Stunting*.

*Stunting* pada balita merupakan masalah kesehatan masyarakat yang signifikan di Indonesia karena berpotensi menghambat tumbuh kembang anak dan menyebabkan dampak buruk jangka panjang. Pengelompokan prevalensi *stunting* dapat memberikan wawasan yang berharga untuk merancang kebijakan pencegahan yang efektif. Penelitian ini menggunakan metode *Possibilistic Fuzzy C-Means* (PFCM), yang divalidasi menggunakan algoritma *Modified Partition Coefficient* (MPC), untuk mengelompokkan prevalensi *stunting* di Indonesia. Metode PFCM mengintegrasikan *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *Possibilistic C-Means* (PCM), yang menyeimbangkan derajat keanggotaan dan derajat kemungkinan. Keunggulan utama metode ini adalah kemampuannya untuk memproses data dengan derajat keanggotaan yang tidak pasti, sensitivitas yang rendah terhadap *noisy*, dan fleksibilitas dalam menentukan nilai keanggotaan yang bersifat probabilistik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 22 kabupaten/kota sebagai daerah dengan prevalensi *stunting* rendah, 87 kabupaten/kota sebagai daerah dengan prevalensi *stunting* sedang, dan 290 kabupaten/kota sebagai daerah dengan prevalensi *stunting* tinggi. Nilai validitas MPC sebesar 0,704 mengonfirmasi keefektifan metode PFCM dalam mengelompokkan prevalensi *stunting* dengan baik, sehingga dapat menjadi alat yang kuat untuk mendukung pembuatan kebijakan dalam pencegahan *stunting*.

# ABSTRACT

Zahro, Alivia Faizatuz. 2024. **Implementation of Possibilistic Fuzzy C-Means with Modified Partition Coefficient Validity on Clustering Prevalence of Stunting in Indonesia**. Thesis. Mathematics Study Program, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (I) Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si. (II) Juhari, M.Si.

**Keywords:** Clustering, Modified Partition Coefficient, Possibilistic Fuzzy C-Means, Stunting

Stunting in toddlers is a significant public health problem in Indonesia due to its potential to inhibit child development and cause long-term adverse effects. Clustering the prevalence of stunting provides valuable insights for designing effective prevention policies. This study employs the Possibilistic Fuzzy C-Means (PFCM) method, validated using the Modified Partition Coefficient (MPC) algorithm, to cluster stunting prevalence in Indonesia. The PFCM method integrates Fuzzy C-Means (FCM) and Possibilistic C-Means (PCM), balancing membership degrees and probabilistic measures. The main advantages of this method include its ability to process data with uncertain membership degrees, low sensitivity to noise, and flexibility in determining probabilistic membership values. The results categorize 22 districts/cities as areas with low stunting prevalence, 87 districts/cities as areas with moderate stunting prevalence, and 290 districts/cities as areas with high stunting prevalence. The MPC validity score of 0,704 confirms the effectiveness of the PFCM method in categorizing stunting prevalence well, making it a robust tool to support policy making in stunting prevention efforts.

## مستخلص البحث


الزهرى، الفيا فائزة ٢٠٢٤. **تطبيق وسائل التجميع *Possibilistic Fuzzy C-Means* مع صلاحية *Modified Partition Coefficient* في تجميع انتشار التقزم لدى الأطفال الصغار في إندونيسيا.** البحث الجامعي، قسم الرايضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرفة: (١) ريا ديا ليلى نور كرسما، الماجسترة. (٢) جوهري، الماجستير.

**الكلمات المفتاحية** :التجميع، معامل التقسيم المعدل، وسائل التجميع الضبابية الاحتمالية، التقزم

يعتبر التقزم دون سن الخامسة مشكلة صحية عامة كبيرة في إندونيسيا حيث أن له القدرة على إعاقة نمو الطفل والتسبب في آثار ضارة طويلة الأجل. ويمكن أن يوفر تجميع انتشار التقزم رؤى قيمة لتصميم سياسات وقائية فعالة. وإستخدمت هذه الدراسة طريقة التجميع *Possibilistic Fuzzy C-Means*، التي تم التحقق من صحتها باستخدام خوارزمية *Modified Partition Coefficient*، لتجميع انتشار التقزم في إندونيسيا. تدمج طريقة *Possibilistic Fuzzy C-Means* بين طريقة *Fuzzy C-Means* وطريقة *Possibilistic C-Means*، والتي توازن بين درجة العضوية ودرجة الاحتمالية. وتتمثل المزايا الرئيسية لهذه الطريقة في قدرتها على معالجة البيانات ذات درجات العضوية غير المؤكدة، والحساسية المنخفضة للضوضاء، والمرونة في تحديد قيم العضوية الاحتمالية. أظهرت النتائج أنه تم تصنيف ٢٢ منطقة/مدينة كمناطق ذات انتشار منخفض للتقزم، و٨٧ منطقة/مدينة كمناطق ذات انتشار متوسط للتقزم، و ٢٩٠ منطقة/مدينة كمناطق ذات انتشار مرتفع للتقزم. أكدت قيمة صلاحية *Modified Partition Coefficient* البالغة ٠,٧٠٤ على فعالية طريقة *Possibilistic Fuzzy C-Means* في تصنيف انتشار التقزم بشكل جيد، لذلك يمكن أن تكون أداة قوية لدعم صنع السياسات في الوقاية من التقزم.

# BAB I

# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

*Clustering* menjadi suatu teknik analisis yang memiliki tujuan untuk mengelompokkan data menjadi kelompok-kelompok berdasarkan kemiripan dan karakteristik tertentu. Metode *clustering* membantu mengidentifikasi pola-pola tersembunyi dalam data yang memungkinkan untuk pengelompokan data menjadi kelompok-kelompok yang serupa secara alami (Jain dkk., 1999). Pemahaman terkait struktur intrinsik dari data dapat lebih mudah tanpa harus memiliki pemahaman sebelumnya tentang kategori atau label dari pola-pola yang dianalisis. Penggunaan *clustering* telah diterapkan dalam berbagai bidang seperti ilmu komputer, ilmu kesehatan, ekonomi, dan lainnya untuk menjelajahi dan memahami data yang kompleks.

Analisis *clustering* memiliki dua kategori *clustering* yang digunakan, *crisp clustering* dan *fuzzy clustering* (Everitt dkk., 2011). *Crisp clustering* melakukan pengelompokan yang menghasilkan partisi di mana pola yang dimiliki hanya terletak pada satu *cluster* saja. Namun, seringkali kasus yang terjadi menghasilkan pengelompokan data yang tidak hanya terletak pada satu *cluster* saja. Sehingga analisis *crisp clustering* memiliki keterbatasan untuk menangani kasus yang memiliki penempatan lebih dari satu *cluster*. Hal tersebut membutuhkan metode untuk menangani kasus di mana data dapat berkumpul dalam lebih dari satu *cluster*. Maka dari itu, *fuzzy clustering* memiliki gagasan untuk memperluas dan menangani keterbatasan *crisp clustering* yang memiliki fleksibilitas pada pengelompokan

(Everitt dkk., 2011). Hal ini dikarenakan *fuzzy clustering* memiliki kemungkinkan dalam suatu titik data memiliki derajat keanggotaan lebih dari satu *cluster* (Everitt dkk., 2011). Beberapa algoritma yang digunakan dalam *fuzzy clustering* adalah *Fuzzy C-Means* (FCM), *Fuzzy Possibilistic C-Means* (FPCM), dan *Possibilistic Fuzzy C-Means* (PFCM). *Fuzzy clustering* memiliki beberapa variabel berbeda di setiap metode seperti yang ditunjukkan pada Tabel (1.1). Tidak hanya variabel berbeda, tetapi beberapa metode *fuzzy clustering* memiliki perbedaan dalam penanganan *noise data* dan sebagainya seperti yang ditunjukkan pada Tabel (1.2).

**Tabel 1.1** Variabel dan Parameter Metode *Fuzzy Clustering*

| **Variabel** | **FCM** | **PCM** | **FPCM** | **PFCM** |
|---|---|---|---|---|
| Matriks partisi $\boldsymbol{U}$ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Matriks kekhasan $\boldsymbol{T}$ | – | ✓ | ✓ | ✓ |
| Pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Pangkat pembobot FCM $(m)$ | ✓ | – | ✓ | ✓ |
| Pangkat pembobot PCM $(\eta)$ | – | ✓ | ✓ | ✓ |
| Parameter penalti PCM $(\gamma_i)$ | – | ✓ | – | ✓ |
| Koefisien $\gamma$ $(K)$ | – | ✓ | – | ✓ |
| Koefisien matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ $(a)$ | – | – | – | ✓ |
| Koefisien matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ $(b)$ | – | – | – | ✓ |

**Tabel 1.2** Matriks Perbedaan Metode *Fuzzy Clustering*

| **Kriteria** | ***Fuzzy C-Means* (FCM)** | ***Possibilistic C-Means* (PCM)** | ***Fuzzy Possibilistic C-Means* (FPCM)** | ***Possibilistic Fuzzy C-Means* (PFCM)** |
|---|---|---|---|---|
| Pendekatan | Pendekatan *probabilistic* (berdasarkan derajat keanggotaan) | Pendekatan *possibilistic* (berdasarkan derajat kemungkinan) | Kombinasi *probabilistic* dan *possibilistic* | Kombinasi *probabilistic* dan *possibilistic* |
| Keanggotaan | Tiap data memiliki keanggotaan *fuzzy* dalam setiap *cluster* | Tiap data memiliki derajat kemungkinan di setiap *cluster* | Menggabungkan keanggotaan *fuzzy* dan derajat kemungkinan | Menggabungkan derajat keanggotaan *fuzzy* dan derajat kemungkinan |

| **Kriteria** | ***Fuzzy C-Means* (FCM)** | ***Possibilistic C-Means* (PCM)** | ***Fuzzy Possibilistic C-Means* (FPCM)** | ***Possibilistic Fuzzy C-Means* (PFCM)** |
|---|---|---|---|---|
| Fungsi Objektif | Meminimalkan total jarak berbobot antara data dan pusat *cluster* | Meminimalkan fungsi *possibilistic* | Gabungan dari fungsi objektif FCM dan PCM | Gabungan dari fungsi objektif FCM dan PCM |
| Sensitivitas terhadap *Outlier* | Relatif sensitif terhadap *outlier* dan *noisy data* | Lebih *robust* terhadap *outlier* dibanding FCM | Lebih stabil terhadap *noisy data* dan lebih *robust* terhadap *outlier* dibandingkan FCM dan PCM | Lebih *robust* terhadap *outlier* dan lebih stabil terhadap *noisy data* dibanding FPCM |
| Pembobotan | Menggunakan nilai keanggotaan *fuzzy* | Menggunakan nilai derajat kemungkinan | Menggunakan nilai derajat keanggotaan *fuzzy* dan derajat kemungkinan | Menggunakan nilai derajat keanggotaan *fuzzy* dan derajat kemungkinan |
| Interpretasi | Data dapat menjadi anggota lebih dari satu *cluster* (*probabilistic*) | Data lebih cenderung eksklusif untuk satu *cluster* (*possibilistic*) | Data kemungkinan dapat menjadi anggota lebih dari satu *cluster* tetapi akan mempertahankan kekhasan pada satu *cluster* | Data dapat menjadi anggota lebih dari satu *cluster* tetapi akan mempertahankan kekhasan pada satu *cluster* |

Algoritma yang paling sederhana pada *fuzzy clustering* yaitu FCM (Amaliya dkk., 2022). FCM adalah algoritma pengelompokan berdasarkan fungsi objektif di mana setiap *cluster* ditentukan oleh derajat keanggotaan yang berkisar antara 0 sampai 1 (Siddique dkk., 2018). Selain itu, terdapat algoritma di mana setiap *cluster* ditentukan dengan derajat keanggotaan pada seluruh *cluster* sehingga berjumlah 1, dinamakan *Possibilistic C-Means* (PCM) (Siddique dkk., 2018). Sehingga terdapat

perluasan gagasan yaitu menggabungkan algoritma FCM dengan PCM menjadi *Fuzzy Possibilistic C-Means* (FPCM). FPCM mengelompokkan data yang tidak memiliki label yang menghasilkan nilai keanggotaan dan nilai karakteristiknya. Namun, dalam hal ini FPCM membatasi nilai keanggotaan sehingga jumlah seluruh nilai keanggotaan *possibilistic* dari setiap *cluster* adalah satu (Pal dkk., 2005). Kemudian, terdapat pengembangan untuk mengatasi keterbatasan tersebut yaitu PFCM.

*Possibilistic Fuzzy C-Means* (PFCM) memiliki kelebihan dan kekurangan dalam menangani proses pengelompokan data. Berbeda dengan FPCM seperti pada Tabel 1.1, PFCM menghasilkan keanggotaan dan kemungkinan secara bersamaan. Hal itu, dikarenakan PFCM menyeimbangkan nilai keanggotaan *fuzzy* dan nilai *possibilistic* menggunakan parameter koefisien matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ dan koefisien matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$. Maka dari itu, PFCM dapat mengatasi permasalahan sensitifitas pada FCM, masalah *cluster* yang bertepatan pada PCM, dan mengatasi keterbatasan dalam pengaturan nilai keanggotaan *possibilistic* pada FPCM. PFCM memiliki sifat fleksibel dalam mengidentifikasi derajat keanggotaan yang lebih dari satu *cluster*. Selain itu, PFCM juga dapat memiliki kekuatan tinggi dalam menangani *noisy* data (Pal dkk., 2005). Namun, PFCM memiliki kekurangan terhadap kompleksitas perhitungan karena melibatkan fungsi objektif yang lebih rumit. Selain itu, PFCM juga memiliki komputasi yang tinggi terutama ketika data yang digunakan sangat besar (Pal dkk., 2005). Meskipun demikian, dengan manfaat dan kekurangan yang dimilikinya, PFCM tetap menjadi pilihan yang kuat dalam analisis data *clustering*.

Pada proses pengelompokan diperlukan upaya untuk meningkatkan akurasi

hasil pengelompokan tersebut, algoritma PFCM menjadi pilihan yang kuat karena kemampuannya menangani data yang memiliki derajat keanggotaan tidak pasti. Namun, untuk memastikan kualitas dari pengelompokan yang dihasilkan, diperlukan sebuah metode validasi yang terbaik. Salah satu metode validasi yang umum digunakan dalam *clustering* adalah *Modified Partition Coefficient* (MPC). MPC merupakan salah satu indeks validitas internal yang digunakan untuk mengurangi perubahan yang monoton pada *Partition Coefficient* (PC) (Nabila dkk., 2022). Nilai MPC yang lebih besar yaitu mendekati angka 1 dapat menunjukkan pengelompokan yang lebih baik (Nida dkk., 2024). Pada konteks pengelompokan balita *stunting* di Indonesia, penggunaan MPC memungkinkan digunakan untuk menilai keefektifan algoritma PFCM. Pembentukan *cluster* tersebut dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut dan pengambilan keputusan.

Penelitian menggunakan algoritma PFCM telah dilakukan dalam berbagai bidang. Salah satunya yaitu penelitian oleh Simhachalam dan Ganesan (2014) yang berjudul "*Possibilistic Fuzzy C-Means Clustering On Medical Diagnostic Systems*" menunjukkan bahwa algoritma PFCM lebih efisien dibandingkan dengan FCM. Kemudian, penelitian oleh Kalist dkk. (2015) yang berjudul "*Possibilistic Fuzzy C-Means Clustering Approach for the Segmentation of Satellite Images in HSL Color Space*" menunjukkan bahwa algoritma PFCM lebih efisien dibandingkan FCM, PCM, dan FPCM. Selain itu, terdapat penelitian oleh Ozdemir & Kaya (2019) yang berjudul "*Comparison of* FCM, PCM, FPCM, *and* PFCM *Algorithms in Clustering Methods*" menunjukkan algoritma PFCM dan FPCM lebih unggul dibandingkan FCM dan PCM. Berdasarkan penelitian-penelitian yang dilakukan sebelumnya, terdapat penelitian yang mendukung adanya penelitian ini yaitu penelitian oleh Pal

dkk. (2005) menyatakan bahwa kombinasi parameter yang tepat pada PFCM akan menghasilkan pengelompokan yang lebih baik. Oleh karena itu, algoritma PFCM memiliki potensi besar dalam mendukung analisis dan pengambilan keputusan, termasuk dalam upaya identifikasi *stunting* pada balita. Penelitian sebelumnya terkait pengelompokan balita *stunting* di Indonesia dilakukan oleh Fadilah dkk. (2022) yang menghasilkan 2 *cluster* dari nilai optimal *cluster* dengan metode *K-Means* sehingga menghasilkan *cluster* 1 menjadi kabupaten/kota dengan kasus *stunting* tertinggi sebanyak 324 kabupaten/kota dan *cluster* 2 menjadi kabupaten/kota dengan kasus *stunting* terendah sebanyak 49 kabupaten/kota.

*Stunting* menjadi masalah kesehatan yang mendesak dan perlu adanya penanganan khusus di Indonesia. Tingkat prevalensi *stunting* yang masih tinggi terutama di daerah-daerah pedesaan dan perkotaan miskin sangat memerlukan upaya penanganan secara masif. Berdasarkan data Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2022, tingkat prevalensi *stunting* di Indonesia mengalami penurunan menjadi 21,6% pada tahun 2022 (Kemenkes RI, 2022). Meskipun begitu, angka tersebut masih melampaui batas yang ditetapkan oleh *World Health Organization* (WHO), yaitu sebesar 20%. *Stunting* adalah masalah kekurangan gizi pada anak balita yang menjadi salah satu tantangan utama yang sedang dihadapi Indonesia saat ini. Hal ini dikarenakan *stunting* dapat menghambat perkembangan pada balita dan memberikan dampak jangka panjang.

Dampak jangka panjang *stunting* terhadap kesehatan dan perkembangan anak menjadikannya sebagai masalah yang perlu mendapatkan perhatian serius. Hal ini dapat menjadi tantangan besar dalam kehidupan sehari-hari dan menghambat kemampuan belajar dan interaksi anak-anak. Menurut WHO, terdapat sekitar 148,1

juta prevalensi *stunting* secara global pada tahun 2022 (Kemenkes RI, 2022). Maka dari itu, tetap diperlukan upaya serius untuk pencegahan dan penanganannya guna mencapai target kesehatan anak secara global.

Prevalensi *stunting* dapat menjadi ancaman yang serius jika tidak ada upaya yang menjadi fokus utama. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengelompokan prevalensi balita *stunting* di Indonesia agar dapat dilakukan upaya untuk menanggulangi dan menemukan solusi yang tepat. Banyak upaya yang dapat dilakukan terkait pencegahan *stunting* dan dapat ditemukan dalam beberapa ayat di Al-Quran. Beberapa ayat di Al-Quran mengilustrasikan terkait pentingnya peran orang tua dalam kehidupan anaknya. Hal tersebut dapat menjadi salah satu gambaran cara *parenting* yang tepat, khususnya untuk hal yang berhubungan dengan kesehatan anaknya. Sebagaimana firman Allah SWT. QS. Al-Baqarah ayat 168 (Kemenag, 2024a).

يٰٓاَيُّهَا النَّاسُ كُلُوْا مِمَّا فِى الْاَرْضِ حَلٰلًا طَيِّبًا وَّلَا تَتَّبِعُوْا خُطُوٰتِ الشَّيْطٰنِۗ اِنَّهٗ لَكُمْ عَدُوٌّ مُّبِيْنٌ

"*Wahai manusia, makanlah sebagian (makanan) di bumi yang halal lagi baik dan janganlah mengikuti langkah-langkah setan. Sesungguhnya ia bagimu merupakan musuh yang nyata.*" *(QS. Al-Baqarah: 168)*

Dalam ayat tersebut, Allah SWT. menegaskan bahwa mengonsumsi makanan haruslah halal dan baik di bumi dikarenakan sangat penting bagi manusia. Dari perspektif tafsir Al-Qur'an Al-Mishbah, ayat ini menggarisbawahi pentingnya memilih jenis makanan yang dikonsumsi dengan bijaksana (Shihab, 1999). Dalam hal ini, orang tua memiliki peranan penting dalam memberikan makanan yang selektif dan layak terhadap anaknya, terutama anak di masa balita. Secara tidak langsung, hal ini relevan dengan masalah *stunting* pada anak, di mana *stunting* didefinisikan kondisi dalam pertumbuhan anak terhambat karena kekurangan gizi

kronis. Dalam hal ini sangat dipengaruhi oleh kualitas makanan yang dikonsumsi dan menjadi salah satu upaya dalam penanggulangan *stunting* pada balita.

Urgensi penanganan *stunting* dalam populasi balita menjadi landasan penting bagi penelitian ini, mengingat bahwa *stunting* dapat berdampak pada berbagai aspek kehidupan anak, termasuk perkembangan fisik, kognitif, dan sosialnya. Dengan demikian, penelitian tentang "Implementasi *Possibilistic Fuzzy C-Means* dengan Validitas *Modified Partition Coefficient* Pada *Clustering* Prevalensi Balita *Stunting* di Indonesia" diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam upaya pencegahan dan penanggulangan *stunting* pada balita di Indonesia.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana proses *clustering* prevalensi balita *stunting* di kabupaten/kota Indonesia menggunakan metode PFCM?
2. Bagaimana validitas algoritma PFCM pada *clustering* prevalensi balita *stunting* di kabupaten/kota Indonesia dengan *Modified Partition Coefficient*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis proses *clustering* prevalensi balita *stunting* di kabupaten/kota Indonesia menggunakan metode PFCM.
2. Menganalisis validitas algoritma PFCM pada *clustering* prevalensi balita *stunting* di kabupaten/kota Indonesia dengan *Modified Partition Coefficient*.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Penulis

   Menambah pengetahuan dan wawasan peneliti mengenai implementasi metode *Possibilistic Fuzzy C-Means* (PFCM) khususnya dalam *clustering* balita *stunting* di Kabupaten/Kota Indonesia.

2. Bagi Instansi

   Memberikan gambaran terkait hasil *clustering* balita *stunting* di Kabupaten/Kota Indonesia sehingga dapat menjadi penentu dalam kebijakan selanjutnya. Selain itu, dapat memberikan informasi terkait beberapa faktor penyebab *stunting* dari variabel yang digunakan dengan metode *Possibilistic Fuzzy C-Means* (PFCM).

3. Bagi Pembaca

   Menjadi bahan referensi dalam penelitian selanjutnya yang dapat dikembangkan dengan prevalensi lain atau metode lain yang serupa dengan *Possibilistic Fuzzy C-Means* (PFCM).

## 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah data penelitian prevalensi *stunting* berdasarkan kabupaten/kota di Indonesia. Selain itu, penggunaan validitas *cluster* yang digunakan yaitu *Modified Partition Coefficient*. Jumlah *cluster* yang akan dibentuk sebanyak tiga berdasarkan pengelompokan kategori *stunting* di Indonesia yaitu rendah, sedang, dan tinggi sehingga jumlah *cluster* $(c)$ yang digunakan adalah $c = 3$. Berdasarkan uji coba parameter hingga optimal, diperoleh pangkat

pembobot FCM yang digunakan adalah $m = 2$, pangkat pembobot PCM adalah $\eta = 2$, koefisien pembobot untuk kekhasan relatif yang digunakan adalah $a = 1$, koefisien pembobot untuk kekhasan absolut yang digunakan adalah $b = 9$, iterasi maksimum yang digunakan sebesar $1000$, nilai minimum *error* sebesar $10^{-1}$, fungsi objektif awal yang digunakan adalah $J_0 = 0$, dan nilai $K$ paling optimal yang digunakan adalah $K = 1$.

## 1.6 Definisi Istilah

Beberapa istilah yang digunakan pada penelitian adalah:

| | | |
|---|---|---|
| Prevalensi *stunting* | : | Jumlah kasus *stunting* dalam suatu populasi pada periode waktu tertentu |
| *Machine learning* | : | Cabang dari kecerdasan buatan yang dioperasikan oleh komputer tanpa adanya program secara eksplisit |
| *Euclidean Distance* | : | Jarak lurus antara dua titik dalam ruang e*uclidean* yang digunakan dalam metode *clustering* untuk menentukan seberapa dekat objek satu dengan yang lain |
| *Fuzzy clustering* | : | Metode dalam *clustering* yang berdasar pada derajat keanggotaan |
| *Noisy* data | : | Data yang mengandung kesalahan atau gangguan sehingga data kurang akurat atau sulit untuk dianalisis |
| Fungsi objektif | : | Fungsi yang diminimalkan selama proses |

| | | |
|---|---|---|
| | | *clustering* untuk menemukan pusat *cluster* dan derajat keanggotaan optimal |
| *Typicality value* | : | Nilai kekhasan yang dihasilkan oleh PFCM, yang merepresentasikan suatu data terhadap *cluster* tertentu |
| Matriks partisi ***U*** | : | Matriks yang menyimpan derajat keanggotaan dari setiap data ke dalam setiap *cluster*. Matriks *U* harus memenuhi aturan normalisasi, artinya jumlah derajat keanggotaan untuk satu data harus sama dengan 1. |
| Matriks kekhasan relatif ***U*** | : | Matriks yang merupakan versi modifikasi dari matriks partisi, yang bisa digunakan dalam PFCM untuk menggabungkan aspek *possibilistic* dan *probabilistic*. |
| Matriks kekhasan ***T*** | : | Matriks yang menyimpan derajat kekhasan dari setiap data terhadap setiap cluster dalam metode *possibilistic*. Matriks kekhasan T tidak harus memenuhi aturan normalisasi, artinya jumlah kekhasan untuk satu data tidak harus sama dengan 1. |
| Matriks kekhasan absolut ***T*** | : | Merujuk pada kekhasan absolut suatu data terhadap *cluster*, tanpa memperhitungkan hubungan relatif dengan *cluster* lain. |

# BAB II

# KAJIAN TEORI

## 2.1 Teori Pendukung

### 2.1.1 *Clustering*

*Clustering* adalah pengelompokan data yang memiliki kesamaan atau data yang serupa, biasanya digunakan dalam analisis data dan *machine learning*. Pengelompokan tersebut dilakukan tanpa memperhatikan label kelasnya sehingga pengelompokan data terjadi secara otomatis (Muslim dkk., 2019). Proses *clustering* melakukan pengelompokan menjadi sebuah subset yang disebut *cluster*, di mana objek dalam *cluster* terbentuk berdasarkan tingkat kemiripan dan kedekatan jarak yang akan berkumpul dalam satu *cluster*. Sedangkan *cluster* dengan karakteristik yang berbeda akan bergabung dengan *cluster* lainnya yang memiliki perbedaan serupa. *Cluster* dibentuk sehingga objek-objek di dalamnya memiliki kesamaan dan berbeda antara satu *cluster* dengan *cluster* lainnya. Kesamaan tersebut sering diukur dengan seberapa dekat objek-objek tersebut di dalamnya, yang ditentukan oleh fungsi jarak (Han dkk., 2012).

*Clustering* menjadi salah satu metode dalam data *mining*. Metode *clustering* melibatkan penggunaan *euclidean distance* dan langkah-langkah algoritma jarak untuk mempartisi objek data ke dalam berbagai kelas. Metode *clustering* yang berbeda dapat menghasilkan *clustering* yang berbeda pula meskipun pada data yang sama, dengan pembagian yang dilakukan oleh algoritma *clustering*. *Clustering* bermanfaat dalam menemukan suatu kelompok atau *cluster* yang sebelumnya tidak diketahui dalam data, dan telah digunakan luas dalam berbagai

bidang seperti bisnis intelijen, pengenalan pola gambar, dan pencarian web. Berdasarkan proses *clustering* terdapat 2 tipe analisis yang berbeda, yaitu *crisp clustering* dan *fuzzy clustering* (Everitt dkk., 2011).

Pada proses pengelompokkan dengan *crisp clustering*, setiap objek dikelompokkan ke dalam satu *cluster*. Hal ini mengabaikan kemungkinan bahwa suatu objek dapat menjadi anggota dari lebih dari satu kelompok (Everitt dkk., 2011). *Crisp clustering* sangat efektif untuk data yang jelas dan tidak ambigu, namun kurang efisien untuk data dengan ketidakpastian. Oleh karena itu, *fuzzy clustering* memiliki peranan yang sangat penting dalam menangani keterbatasan tersebut.

*Fuzzy clustering* merupakan metode dalam pengelompokan yang berdasar pada derajat keanggotaan, di mana berisi himpunan *fuzzy* sebagai dasar dalam pembobotan (Nurmin dkk., 2022). *Fuzzy clustering* dapat didefinisikan sebagai metode *clustering* yang digunakan untuk menentukan *cluster* yang optimal dalam sebuah ruang vektor, dengan mengukur jarak antar vektor menggunakan bentuk normal *euclidean* (Rahakbauw dkk., 2017). *Fuzzy clustering* memiliki kemungkinan suatu objek memiliki derajat keanggotaan dalam beberapa himpunan *fuzzy* dan memberikan bobot berdasarkan derajat keanggotaan tersebut (Everitt dkk., 2011). Sehingga objek yang dihasilkan dalam *fuzzy clustering* tidak dihubungkan hanya satu *cluster* saja, tetapi memiliki kemungkinan bahwa objek dapat berada dalam lebih dari satu *cluster* dengan derajat keanggotaan yang bervariasi. Oleh karena itu, *fuzzy clustering* memberikan fleksibilitas lebih dalam pengelompokan data yang kompleks (Everitt dkk., 2011). Salah satu metode yang termasuk *fuzzy clustering* dan sering digunakan adalah *Fuzzy C-Means* (FCM).

Pada metode *fuzzy clustering*, terdapat partisi *possibilistic* yang digunakan untuk mengelompokkan data dengan menggabungkan konsep *possibilistic* dan *probabilistic* (Bezdek, 1981). Tujuan metode ini adalah untuk menemukan *cluster* yang optimal dalam ruang vektor dengan mengukur jarak antar vektor menggunakan jarak *euclidean* standar. Pada partisi *possibilistic*, total nilai keanggotaan data pada setiap *cluster* tidak wajib berjumlah satu, berbeda dengan pendekatan *probabilistic*. Namun, untuk menjamin bahwa suatu data menjadi anggota setidaknya satu *cluster*, nilai keanggotaannya harus lebih besar dari nol. Selain menunjukkan kemungkinan suatu data cenderung masuk ke dalam *cluster* tertentu, partisi *possibilistic* juga menggambarkan seberapa jauh nilai data dari cluster tertentu. Semakin tinggi nilai *possibilistic* pada suatu data, semakin besar kemungkinan bahwa data tersebut akan termasuk dalam *cluster* tertentu. Metode yang termasuk pada metode *fuzzy clustering* dan sering digunakan adalah *Possibilistic C-Means* (PCM).

### 2.1.2 *Fuzzy C-Means* (FCM)

*Fuzzy C-Means* adalah salah satu metode yang terkenal dalam *fuzzy clustering*, awalnya diperkenalkan oleh Joe Dunn pada tahun 1971 dan dikembangkan lebih lanjut oleh Jim Bezdek pada tahun 1981. FCM mengelompokkan data dengan menetapkan pusat *cluster* sebagai nilai rata-rata dari data yang tergabung dalam *cluster* tersebut. Pada pengelompokan FCM tingkat keberadaan data dalam suatu *cluster* ditentukan berdasarkan derajat keanggotaan (Sanusi dkk., 2019). Setiap data dalam *cluster* memiliki derajat keanggotaan yang menunjukkan seberapa kuat data tersebut terikat pada *cluster*

tertentu. Dalam algoritma FCM, setiap *cluster* ditentukan oleh tingkat keanggotaan yang dapat memiliki nilai antara 0 hingga 1 (Siddique dkk., 2018). Namun, FCM memiliki kelemahan dalam menangani *noisy data*, di mana derajat keanggotaan bisa menjadi tidak akurat karena berbagai faktor yang mempengaruhi data.

FCM memiliki algoritma *clustering* yang dimulai dengan menentukan pusat-pusat *cluster* (Rahakbauw dkk., 2017). Tahap pertama, posisi pusat *cluster* tidak bisa dikatakan akurat. Setiap titik data memiliki derajat keanggotaan untuk masing-masing *cluster*. FCM bekerja melalui iterasi, di mana pusat *cluster* dan derajat keanggotaan diperbaiki secara berulang. Usaha untuk melakukan iterasi dalam memperbarui posisi pusat *cluster* dan tingkat keanggotaan setiap titik data secara berulang akan menyebabkan pusat-pusat *cluster* bergerak secara bertahap menuju posisi yang lebih akurat. Proses iteratif ini dilakukan untuk meminimalkan fungsi objektif yang mencerminkan jarak antara titik data dan pusat *cluster*, di mana jarak tersebut diberi bobot sesuai dengan derajat keanggotaan titik data (Nugraha & Riyandari, 2020). Bobot dihitung pada jarak antara titik data dan pusat *cluster* pada setiap iterasi ketika menghitung fungsi objektif dan saat memperbarui pusat *cluster*. Jika sebuah titik data memiliki keanggotaan tinggi dalam suatu *cluster*, jarak antara titik data tersebut dan pusat *cluster* akan berkontribusi lebih besar terhadap fungsi objektif dibandingkan dengan titik data yang memiliki keanggotaan rendah. Fungsi objektif yang digunakan FCM dapat dilihat pada persamaan (2.1).

$$J_{m(t)} = \sum_{i=1}^{p} \sum_{k=1}^{c} (\mu_{ik})^m (d_{ik})^2 \qquad (2.1)$$

di mana:

$J_{m(t)}$ : Fungsi objektif $\boldsymbol{U}$ dan $\boldsymbol{V}$ untuk data **X**

$c$ : Jumlah *cluster*

$n$ : Jumlah data

$m$ : Pangkat pembobot FCM

$d_{ik}$ : Fungsi jarak di setiap *cluster*

Algoritma *Fuzzy C-Means* dapat diuraikan sebagai berikut (Kusumadewi dkk., 2006):

1. Melakukan *input* data yang akan dilakukan *clustering* berupa matriks $\boldsymbol{X}$ di mana matriks berukuran $p \times q$ seperti pada persamaan (2.2). Dalam hai ini, $i = 1, \dots, p$ didefinisikan sebagai jumlah data dan $j = 1, \dots, q$ sebagai jumlah variabel data.

$$\boldsymbol{X} = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1q} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{p1} & \dots & x_{pq} \end{bmatrix} \tag{2.2}$$

2. Memasukkan parameter awal yaitu:
   a. Jumlah *cluster* ($c$) sesuai dengan jumlah *cluster* yang akan dibentuk, $1 < c < p$.
   b. Pangkat pembobot FCM ($m$), $m > 1$
   c. Maksimum iterasi ($MaxIter$)
   d. *Error* minimum ($\varepsilon$)
   e. Fungsi objektif awal ($J_0$) = 0
   f. Iterasi awal $t = 1$.
3. Membangkitkan elemen matriks partisi $\boldsymbol{U}$ seperti persamaan (2.3) dengan bilangan *random* $u_{ik}$ di mana $i = 1,2,3, \dots, p$ didefinisikan sebagai

banyaknya data dan $k = 1,2,3, \dots, c$ sebagai jumlah *cluster* yang akan dibentuk.

$$\boldsymbol{U} = \begin{bmatrix} u_{11} & \cdots & u_{1c} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{p1} & \dots & u_{pc} \end{bmatrix} \tag{2.3}$$

4. Menghitung jumlah setiap baris $(Q_i)$ dengan persamaan (2.4).

$$Q_i = \sum_{k=1}^{c} u_{ik} \,; 1 \leq i \leq p \tag{2.4}$$

5. Melakukan normalisasi elemen matriks partisi $\boldsymbol{U}$ $(u_{ik})$ dengan persamaan (2.5) sehingga menghasilkan elemen matriks partisi yang baru $\boldsymbol{U}$ $(\mu_{ik})$ seperti persamaan (2.6).

$$\mu_{ik} = \frac{u_{ik}}{Q_i} \tag{2.5}$$

$$\boldsymbol{U} = \begin{bmatrix} \mu_{11} & \cdots & \mu_{1c} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{p1} & \dots & \mu_{pc} \end{bmatrix} \tag{2.6}$$

6. Menghitung matriks $\boldsymbol{V}$ yaitu pusat *cluster* ke-$k$ dan variabel ke-$j$ $(v_{kj})$ dengan persamaan (2.7) sehingga diperoleh matriks pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ seperti persamaan (2.8).

$$v_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^{p} (\mu_{ik})^m x_{ij}}{\sum_{i=1}^{p} (\mu_{ik})^m} \tag{2.7}$$

$$\boldsymbol{V} = \begin{bmatrix} v_{11} & \cdots & v_{1q} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{c1} & \dots & v_{cq} \end{bmatrix} \tag{2.8}$$

7. Menghitung fungsi objektif pada iterasi ke-t $(J_{m(t)})$ dengan persamaan (2.1) di mana nilai $d_{ik}$ dapat diperoleh dengan persamaan (2.10).
8. Memperbaiki elemen matriks partisi $\boldsymbol{U}$ $(\mu_{ik})$ dengan persamaan (2.9) di mana nilai $d_{ik}$ dapat diperoleh dengan persamaan (2.10) dan $d_{iz}$ dihitung

menggunakan persamaan (2.11).

$$\mu_{ik} = \left[\sum_{z=1}^{c}\left(\frac{d_{ik}}{d_{iz}}\right)^{\frac{2}{m-1}}\right]^{-1} \tag{2.9}$$

$$d_{ik} = d(x_i, v_k) = \left[\sum_{j=1}^{q}\left(x_{ij} - v_{kj}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} \tag{2.10}$$

$$d_{iz} = d(x_i, v_z) = \left[\sum_{j=1}^{q}\left(x_{ij} - v_{zj}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} \tag{2.11}$$

9. Menghitung kriteria berhenti yaitu dengan cara menghitung perubahan fungsi objektif pada iterasi sebelumnya dan iterasi saat ini, sebagai berikut:
   a. Jika $\left(\left|J_{m(t)} - J_{m(t-1)}\right|\right) < \varepsilon$ atau $t > MaxIter$ maka iterasi berhenti
   b. Jika tidak, maka iterasi dapat ditingkatkan dengan cara $t + 1$ dan dilakukan perhitungan kembali mulai dari langkah ke-6.

### 2.1.3 *Possibilistic C-Means* (PCM)

Krishnapuram dan Keller memperkenalkan algoritma *Possibilistic C-Means* pada tahun 1993. Pada algoritma PCM, setiap *cluster* ditentukan dengan derajat keanggotaan yang memiliki jumlah keseluruhan adalah 1 (Siddique dkk., 2018). PCM meminimalkan fungsi objektif dengan mencari pusat *cluster* yang optimal dan nilai keanggotaan dalam PCM diinterpretasikan sebagai derajat kemungkinan atau derajat kesesuaian suatu data terhadap *cluster* tertentu. Akurasi PCM dalam beberapa kasus lebih tegas dibandingkan FCM seperti pada penelitian Apsari dkk. (2020). Fungsi objektif yang digunakan pada PCM dapat dilihat pada persamaan (2.12).

$$J_{\eta(t)} = \sum_{i=1}^{p}\sum_{k=1}^{c}(t_{ik})^{\eta}\,(d_{ik})^{2} + \sum_{i=1}^{p}\gamma_k \sum_{k=1}^{c}(1-t_{ik})^{\eta} \qquad (2.12)$$

di mana:

$J_\eta$ : Fungsi objektif PCM

$c$ : Jumlah *cluster*

$n$ : Jumlah data

$\eta$ : Pangkat pembobot PCM

$\gamma_i$ : Parameter penalti PCM

$d_{ik}$ : Fungsi jarak di setiap *cluster*

Algoritma *Possibilistic C-Means* dapat diuraikan sebagai berikut (Kusumadewi dkk., 2006):

1. Melakukan *input* data yang akan dilakukan *clustering* berupa matriks $\boldsymbol{X}$ di mana matriks berukuran $p \times q$ seperti pada persamaan (2.2). Dalam hai ini, $i = 1, \dots, p$ didefinisikan sebagai jumlah data dan $j = 1, \dots, q$ sebagai jumlah variabel data.
2. Memasukkan parameter awal yaitu:
   a. Jumlah *cluster* ($c$) sesuai dengan jumlah *cluster* yang akan dibentuk, $1 < c < p$
   b. Pangkat pembobot ($\eta$), $\eta > 1$
   c. Maksimum iterasi ($MaxIter$)
   d. *Error* minimum ($\varepsilon$)
   e. Fungsi objektif awal ($J_0$) = 0
   f. Iterasi awal $t = 1$
   g. Koefisien $\gamma = K$.

3. Menghitung nilai parameter penalti PCM ($\gamma_k$) menggunakan persamaan (2.13) dengan memanggil hasil akhir dari elemen matriks partisi $\boldsymbol{U}$ ($\mu_{ik}$) pada persamaan (2.9) dan pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ pada persamaan (2.8).

$$\gamma_k = K \frac{\sum_{i=1}^{p} (\mu_{ik})^{\eta} (d_{ik})^2}{\sum_{i=1}^{p} (\mu_{ik})^{\eta}} \tag{2.13}$$

4. Menghitung matriks kekhasan $\boldsymbol{T}$ dengan persamaan (2.14) sehingga diperoleh elemen matriks $t_{ik}$ sebagai elemen matriks kekhasan $\boldsymbol{T}$ seperti persamaan (2.15) di mana $i = 1, \dots, p$ didefinisikan sebagai jumlah variabel dan $k = 1, \dots, c$ sebagai jumlah *cluster* yang akan dibentuk.

$$t_{ik} = \left[ 1 + \left( \frac{(d_{ik})^2}{\gamma_k} \right)^{\frac{1}{\eta - 1}} \right]^{-1} \tag{2.14}$$

$$\boldsymbol{T} = \begin{bmatrix} t_{11} & \cdots & t_{1c} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{p1} & \dots & t_{pc} \end{bmatrix} \tag{2.15}$$

5. Menghitung pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ dengan variabel ke-*j* dan *cluster* ke-$k$ ($v_{kj}$) dengan persamaan (2.16) sehingga diperoleh matriks seperti persamaan (2.17).

$$v_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^{p} (t_{ik})^{\eta} x_{ij}}{\sum_{i=1}^{p} (t_{ik})^{\eta}} \tag{2.16}$$

$$\boldsymbol{V} = \begin{bmatrix} v_{11} & \cdots & v_{1q} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{c1} & \dots & v_{cq} \end{bmatrix} \tag{2.17}$$

6. Menghitung fungsi objektif pada iterasi ke-t ($J_{\eta(t)}$) dengan persamaan (2.12).
7. Menghitung kriteria berhenti yaitu dengan cara menghitung perubahan fungsi objektif pada iterasi sebelumnya dan iterasi saat ini, sebagai berikut:

a. Jika $\left(\left|J_{\eta(t)} - J_{\eta(t-1)}\right|\right) < \varepsilon$ atau $t > MaxIter$, maka iterasi berhenti
b. Jika tidak, maka iterasi dapat ditingkatkan dengan cara $t + 1$ dan dilakukan perhitungan kembali mulai dari langkah ke-4.

### 2.1.4 *Possibilistic Fuzzy C-Means* (PFCM)

*Possibilistic Fuzzy C-Means* diperkenalkan oleh Pal dkk. pada tahun 2005, merupakan kombinasi dari FCM dan PCM. Kombinasi tersebut dilakukan dengan menyeimbangkan keanggotaan dengan karakteristik melalui parameter koefisien matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ $(a)$ dan koefisien matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ $(b)$ sehingga derajat keanggotaan yang dimiliki dengan jumlah keseluruhan adalah 1 (Kumari dkk., 2012). Algoritma PFCM bertujuan untuk mencari pusat *cluster* dengan menghasilkan nilai derajat keanggotaan dan *typicality value*. PFCM dapat mengatasi kelemahan FCM dalam menghadapi data berisik dan juga mengatasi kekurangan PCM dalam pengelompokan data (Pal dkk., 2005). Selain itu, PFCM memiliki perbedaan dengan metode FCM dan PCM yaitu memiliki koefisien matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ dan koefisien matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ yang digunakan untuk menentukan perhitungan *centroid*.

Metode PFCM memiliki perbedaan juga pada derajat keanggotaan antara matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ dan matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ (Amaliya dkk., 2022). PFCM memiliki tingkat sensitifitas yang rendah terhadap *outlier* sehingga PFCM memiliki performa yang kuat dalam identifikasi sistem berbasis aturan *fuzzy* (Pal dkk., 2005). Selain itu, dengan kombinasi parameter yang sesuai dapat mengakibatkan PFCM lebih unggul dibandingan metode FCM dan PCM, diantaranya parameter pangkat pembobot $(m)$ untuk FCM, pangkat pembobot $(\eta)$

untuk PCM, koefisien matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ $(a)$ dan koefisien matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ $(b)$. PFCM bekerja dengan meminimalkan fungsi objektif, memastikan bahwa setiap data memiliki kemungkinan untuk menjadi anggota dari setidaknya satu *cluster* dengan nilai keanggotaan yang signifikan. Fungsi objektif yang digunakan PFCM dapat dilihat pada persamaan (2.18).

$$J_{m,\eta(t)} = \left\{ \sum_{i=1}^{p} \sum_{k=1}^{c} (a(\mu_{ik})^m + b(t_{ik})^\eta) \times (d_{ik})^2 + \sum_{k=1}^{c} \gamma_k \sum_{i=1}^{p} (1 - t_{ik})^\eta \right\} \tag{2.18}$$

di mana:

$J_{m,\eta(t)}$ : Fungsi objektif PFCM

$c$ : Jumlah *cluster*

$m$ : Pangkat pembobot FCM

$\eta$ : Pangkat pembobot PCM

$n$ : Jumlah data

$d_{ik}$ : Fungsi jarak di setiap *cluster*

$a$ : Koefisien matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$

$b$ : Koefisien matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$

$\gamma_i$ : Parameter penalti PCM

Algoritma *Possibilistic Fuzzy C-Means* dapat diuraikan sebagai berikut (Kalist dkk., 2015):

1. Melakukan *input* data yang akan dilakukan *clustering* berupa matriks $\boldsymbol{X}$ di mana matriks berukuran $p \times q$ seperti pada persamaan (2.2). Dalam hai ini, $i = 1, \dots, p$ didefinisikan sebagai jumlah data dan $j = 1, \dots, q$ sebagai jumlah variabel data.

2. Memasukkan parameter awal yaitu:
   a. Jumlah *cluster* ($c$) sesuai dengan jumlah *cluster* yang akan dibentuk, $1 < c < p$
   b. Pangkat pembobot ($m$) untuk FCM, $m > 1$
   c. Pangkat pembobot ($\eta$) untuk PCM, $\eta > 1$
   d. Maksimum iterasi ($MaxIter$)
   e. *Error* minimum ($\varepsilon$)
   f. Fungsi objektif awal ($J_0$) = 0
   g. Iterasi awal $t = 1$
   h. Koefisien $\gamma = K$
   i. Koefisien pembobot untuk matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ ($a$), $a > 0$
   j. Koefisien pembobot untuk matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ ($b$), $b > 0$.
3. Menghitung elemen matriks kekhasan $\boldsymbol{T}$ ($t_{ik}$) yang kemudian pada algoritma PFCM disebut matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ ($t_{ik}$) menggunakan persamaan (2.19) dengan memanggil hasil akhir dari elemen matriks partisi $\boldsymbol{U}$ ($\mu_{ik}$) pada persamaan (2.9) dan pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ pada persamaan (2.8) pada proses FCM. Sehingga akan diperoleh matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ seperti persamaan (2.20) di mana $\gamma_k$ dan $d_{ik}$ diperoleh dari persamaan (2.21) dan (2.10).

$$t_{ik} = \frac{1}{1 + \left(b\frac{(d_{ik})^2}{\gamma_k}\right)^{\frac{1}{\eta-1}}} \tag{2.19}$$

$$\boldsymbol{T} = \begin{bmatrix} t_{11} & \cdots & t_{1c} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{p1} & \dots & t_{pc} \end{bmatrix} \tag{2.20}$$

$$\gamma_k = K\frac{\sum_{i=1}^{p}(\mu_{ik})^m(d_{ik})^2}{\sum_{i=1}^{p}(\mu_{ik})^m} \tag{2.21}$$

4. Memperbaiki pusat *cluster* **V** dengan persamaan (2.22) sehingga diperoleh matriks pusat *cluster* **V** seperti persamaan (2.23).

$$v_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^{p}(a(\mu_{ik})^m + b(t_{ik})^\eta)x_{ij}}{\sum_{i=1}^{p}(a(\mu_{ik})^m + b(t_{ik})^\eta)} \tag{2.22}$$

$$\boldsymbol{V} = \begin{bmatrix} v_{11} & \cdots & v_{1q} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{c1} & \dots & v_{cq} \end{bmatrix} \tag{2.23}$$

5. Menghitung fungsi objektif pada iterasi ke-t ($J_{m,\eta(t)}$) dengan persamaan (2.18).
6. Memperbaiki elemen matriks partisi $\boldsymbol{U}$ ($\mu_{ik}$) yang kemudian pada algoritma PFCM disebut dengan matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ ($\mu_{ik}$) menggunakan persamaan (2.9).
7. Memperbaiki matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ dengan persamaan (2.19).
8. Menghitung kriteria berhenti yaitu dengan cara menghitung perubahan fungsi objektif pada iterasi sebelumnya dan iterasi saat ini, sebagai berikut:
   a. Jika$\left(\left|J_{m,\eta(t)} - J_{m,\eta(t-1)}\right|\right) < \varepsilon$ atau $t > MaxIter$ maka iterasi berhenti
   b. Jika tidak, maka iterasi dapat ditingkatkan dengan cara $t + 1$ dan dilakukan perhitungan kembali mulai dari langkah ke-4.

### 2.1.5 Validitas *Cluster*

Analisis validitas *cluster* digunakan untuk memastikan validitas jumlah *cluster* yang dipertimbangkan dalam algoritma *clustering*. Kecenderungan *cluster* memberikan representasi visual tentang jumlah *cluster*. Validitas *cluster* terdapat nilai numerik untuk indeks validitas kelompok yang berbeda-beda. Diantaranya

yaitu *Partition Entropy* (PE), *Dunn Index* (DI), dan *Partition Coefficient* (PC).

*Partition Coefficient* banyak mengalami perubahan yang monoton, sehingga diperlukan perbaikan untuk memaksimalkan validitas *cluster*. Maka dari itu, *Modified Partition Coefficient* (MPC) menjadi validitas yang tepat untuk memaksimalkan nilai *partition coefficient* (Suleman, 2015). MPC merupakan indeks validitas yang dapat mengurangi perubahan monoton pada PC yang diusulkan oleh Dave (Suleman, 2015). Perhitungan MPC dilakukan dengan cara menghitung antara nilai derajat keanggotaan dengan nilai pusat *cluster* (Suleman, 2015). Nilai MPC memiliki rentang antara 0 hingga 1.

Maka persamaan MPC dapat ditulis seperti persamaan (2.24) (Dave, 1996):

$$MPC(c) = 1 - \frac{c}{c-1}(1 - PC(c)) \tag{2.24}$$

di mana:

$c$ : Jumlah *cluster*

$PC$ : Nilai *partition coefficient*

Adapun persamaan nilai indeks PC dapat ditulis seperti persamaan (2.25) (Bezdek, 1974):

$$PC(c) = \frac{1}{p}\sum_{k=1}^{c}\sum_{i=1}^{p}(\mu_{ik})^2 \tag{2.25}$$

di mana:

$c$ : Jumlah *cluster*

$p$ : Jumlah data

Dari persamaan (2.24) semakin besar nilai MPC maka menunjukkan validitas *cluster* yang lebih baik (Suleman, 2015). Sedangkan untuk kriteria validitas MPC dapat dilihat pada Tabel 2.1 (Wahyono, 2015).

**Tabel 2.1** Kriteria Validitas MPC

| | **Nilai MPC** | **Kriteria** |
|---|---|---|
| **Skala Nilai** | $1 - 0{,}8$ | Sangat Baik |
| | $0{,}7 - 0{,}5$ | Baik |
| | $0{,}4 - 0{,}3$ | Cukup |
| | $0{,}2 - 0$ | Buruk |

### 2.1.6 *Stunting*

*Stunting* adalah masalah pertumbuhan pada anak di bawah usia 5 tahun yang diakibatkan oleh kekurangan gizi dalam jangka panjang serta infeksi yang berulang kali terjadi. Menurut WHO, *stunting* adalah keadaan di mana pertumbuhan dan perkembangan anak balita terhambat akibat kekurangan gizi yang berlangsung lama, yang ditandai dengan panjang atau tinggi badan yang lebih rendah dari standar yang seharusnya (WHO, 2024). Diagnosis *stunting* didasarkan pada perbandingan tinggi badan anak dengan standar pertumbuhan global. Anak yang mengalami *stunting* menunjukkan ciri-ciri, seperti pertumbuhan gigi yang tertunda, sikap pendiam, dan kelemahan dalam memori belajar.

*Stunting* dapat menyebabkan dampak negatif seperti hambatan perkembangan otak, gangguan pertumbuhan fisik, penurunan kemampuan kognitif, serta meningkatnya risiko terkena penyakit kronis pada saat dewasa. Hal ini menyebabkan konsekuensi seumur hidup seperti rendahnya pencapaian pendidikan, produktivitas yang menurun, dan peningkatan risiko penyakit kronis. Beberapa faktor penyebab *stunting* meliputi praktik pemberian nutrisi yang tidak optimal, terkena penyakit menular, infeksi subklinis, serta faktor sosial. Pemahaman terkait sebab dan akibat *stunting* serta mengidentifikasi populasi yang berisiko merupakan hal yang penting. Dilihat dari banyaknya faktor penyebab

*stunting*, dapat dilihat dari beberapa kondisi yang ada di Indonesia seperti ibu hamil penerima tablet penambah darah, bayi penerima inisiasi menyusui dini, bayi selama 6 bulan menerima ASI eksklusif, bayi penerima vitamin A, bayi penerima imunisasi dasar lengkap, berat badan bayi lahir rendah, maupun dapat dilihat dari keluarga dengan akses terhadap fasilitas sanitasi yang layak dan masih banyak yang dapat ditinjau (Fadilah dkk., 2022). Kondisi tersebut menunjukkan beberapa faktor yang dapat ditinjau untuk melihat prevalensi *stunting* di Indonesia. Sehingga untuk merancang intervensi dan kebijakan yang efektif untuk mengatasi masalah gizi buruk dan meningkatkan hasil kesehatan anak.

Kasus *stunting* di Indonesia merupakan masalah serius yang membutuhkan konsentrasi khusus dalam melakukan upaya pencegahan. Meskipun terjadi penurunan sedikit dalam beberapa tahun terakhir, tantangan ini tetap signifikan karena dampak jangka panjangnya terhadap kesehatan, pendidikan, dan produktivitas ekonomi. Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap *stunting* di Indonesia antara lain rendahnya status sosial ekonomi, akses terbatas terhadap gizi yang baik, sanitasi yang buruk, serta kurangnya pengetahuan tentang pola makan yang sehat dan gizi yang cukup.

Upaya pemerintah dan berbagai organisasi kesehatan dalam menanggulangi *stunting* telah dilakukan. Beberapa diantaranya yaitu program-program gizi dan kesehatan masyarakat, peningkatan akses terhadap air bersih, serta penyuluhan tentang pentingnya nutrisi selama kehamilan dan masa anak-anak. Meskipun demikian, masih diperlukan upaya lebih lanjut dan kerja sama lintas sektor untuk mengatasi masalah *stunting* ini secara menyeluruh dan berkelanjutan. Meskipun angka kasus *stunting* di Indonesia menurun menjadi 21,6% pada tahun 2022,

WHO masih menganggap Indonesia sebagai salah satu negara dengan jumlah kasus *stunting* yang tinggi. Berdasarkan hasil Survei Status Gizi Indonesia (SSGI), prevalensi balita *stunting* tertinggi ditemukan di provinsi Nusa Tenggara Timur, sedangkan prevalensi terendah berada di provinsi Bali (Kemenkes RI, 2022). Kasus *stunting* di Indonesia dikelompokkan menjadi 3 *cluster*, mirip dengan penggolongan dalam Indeks Khusus Penanganan Stunting (IKPS), yaitu *cluster* rendah, sedang, dan tinggi. Hal ini juga menjadi acuan pada penelitian ini akan mencari kabupaten/kota prevalensi balita *stunting* tinggi, sedang, dan rendah agar relevan dengan program pemerintah yaitu IKPS. Maka dari itu, hal tersebut menjadi salah satu upaya dalam penanganan kasus *stunting* di Indonesia.

## 2.2 Kajian Integrasi Topik dengan Al-Quran/Hadits

Al-Quran tidak secara khusus membahas terkait *stunting*, namun di dalam Al-Quran surat Al-Baqarah ayat 168 memuat pentingnya memilih konsumsi yang baik dan halal. Ayat ini menekankan pentingnya memilih makanan yang halal dan bergizi, yang mampu menyediakan nutrisi yang seimbang dan memadai untuk mendukung pertumbuhan serta perkembangan anak. Selain itu, ayat ini juga menekankan agar manusia tidak tergoda oleh godaan setan yang dapat mengarahkan perilaku yang merugikan, termasuk dalam memilih makanan yang tidak sehat. Hal ini merupakan salah satu faktor utama yang berkontribusi pada peningkatan risiko terjadinya *stunting*. Oleh karena itu, memperhatikan jenis makanan yang dikonsumsi dapat menjaga kesehatan tubuh, terutama dalam mengurangi risiko *stunting*.

Konsumsi makanan halal dan baik menjadi tugas orang tua demi kondisi

pertumbuhan baik anaknya. Bagi anak balita tidaklah banyak yang dikonsumsi selain ASI (Air Susu Ibu) eksklusif karena ASI eksklusif menjadi sumber makanan bagi balita selama enam bulan pertama kehidupannya. Hal ini berarti balita hanya diberi ASI tanpa tambahan apapun, baik makanan atau minuman lainnya. Pemberian ASI eksklusif memiliki manfaat besar untuk kesehatan bayi, termasuk memberikan perlindungan terhadap infeksi, meningkatkan kecerdasan, dan melindungi bayi dari risiko penyakit kronis di masa depan. ASI eksklusif wajib diberikan oleh Ibu sebagaimana dalam Al-Quran menjelaskan terkait kewajiban ibu dalam menyusui anaknya.

Sebagaimana firman Allah SWT. QS. Al-Baqarah ayat 233 yang artinya (Kemenag, 2024b):

"*Dan ibu-ibu hendaklah menyusui anak-anaknya selama dua tahun penuh, bagi yang ingin menyusui secara sempurna. Dan kewajiban ayah menanggung nafkah dan pakaian mereka dengan cara yang patut. Seseorang tidak dibebani lebih dari kesanggupannya.*" *(QS. Al-Baqarah: 233)*

Ayat tersebut mengandung arti bahwa ibu disarankan untuk memberikan ASI eksklusif kepada anak selama dua tahun dengan penuh kasih sayang. Meskipun demikian, tidak ada paksaan bagi ibu dalam menyusui, dan penyapihan sebelum dua tahun diperbolehkan dengan persetujuan kedua belah pihak. Tafsir Al-Mishbah pada ayat tersebut juga menegaskan bahwa syariat menyusui adalah perintah Allah swt. dan menjadi fitrah bagi ibu (Shihab, 1999). Pentingnya menyusui dapat membentuk masa depan anak secara jasmani dan psikologis.

Berdasarkan penjelasan di atas, Islam mengajarkan praktik pemberian ASI eksklusif mulai dari enam bulan pertama kehidupan anak hingga dua tahun, dengan memberikan makanan pendamping ASI yang memadai. Upaya tersebut dapat menjadi bagian penting dalam pencegahan *stunting*. Dalam ayat 233 dari Surah Al-

Baqarah menunjukkan pemahaman Islam tentang pentingnya memberikan nutrisi yang memadai pada tahap awal kehidupan untuk mendukung tumbuh kembang anak, salah satunya pada pertumbuhan fisik dan kognitif anak-anak.

## 2.3 Kajian Topik dengan Teori Pendukung

Berdasarkan teori pendukung, penelitian ini dapat dikaji melalui beberapa tahapan yang dapat disusun dari beberapa kerangka pikiran. Kasus *stunting* di Indonesia meningkatkan tingkat waspada bagi masyarakat. Oleh karena itu, perlu adanya upaya dalam melakukan pencegahan dan penanggulangan kasus *stunting* di Indonesia. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah mengelompokkan prevalensi *stunting* sehingga dapat melakukan kebijakan sesuai dengan hasil pembagiannya. Daerah yang menjadi kelompok prevalensi *stunting* yang tinggi diperlukan kebijakan atau perhatian yang tinggi agar tidak terjadi kenaikan angka prevalensi. Sehingga dari pengelompokan prevalensi dapat membantu pemerintah dalam mengatur tingkat prioritas dalam menanggulangi kasus *stunting* di Indonesia. Pada penelitian ini, prevalensi *stunting* di Indonesia akan dikelompokkan menggunakan algoritma *Possibilistic Fuzzy C-Means* (PFCM). Tahapan pertama yaitu melakukan pengumpulan data. Tahapan kedua yaitu *input* data berupa 7 variabel diantaranya yaitu jumlah ibu hamil penerima tablet penambah darah, jumlah bayi penerima inisiasi menyusui dini, jumlah bayi selama 6 bulan menerima ASI eksklusif, jumlah bayi penerima vitamin A, jumlah bayi penerima imunisasi dasar lengkap, jumlah bayi berat badan bayi rendah, dan jumlah keluarga dengan akses terhadap fasilitas sanitasi yang layak. Tahapan selanjutnya yaitu analisis deskriptif yang dilanjutkan dengan standardisasi data. Kemudian, menentukan

parameter awal berupa jumlah *cluster* yang akan dibentuk yaitu $c = 3$, pangkat pembobot untuk FCM yaitu $m = 2$, pangkat pembobot untuk PCM yaitu $\eta = 2$, iterasi maksimal yaitu $IterMax = 1000$, nilai minimum *error* yaitu $\varepsilon = 10^{-1}$, fungsi objektif awal yang digunakan yaitu $J_0 = 0$, nilai $K$ yang digunakan pada koefisien $\gamma$ yaitu $K = 1$, iterasi awal yaitu $t = 1$, koefisien matrik kekhasan relatif $\boldsymbol{U}\,(a) = 1$ dan matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}\,(b) = 9$. Setelah itu, melakukan tahapan perhitungan *clustering* FCM menggunakan data berupa matriks $z_{ij}$ yaitu data yang sudah terstandardisasi.

Tahap *clustering* FCM dimulai dengan membangkitkan bilangan *random* $u_{ik}$ sebagai elemen matriks partisi $\boldsymbol{U}$ seperti persamaan (2.3). Kemudian dilanjutkan dengan menghitung jumlah setiap baris $(Q_i)$ menggunakan persamaan (2.4) dan melakukan normalisasi matriks partisi $\boldsymbol{U}$ dengan persamaan (2.5) sehingga diperoleh elemen matriks partisi $\boldsymbol{U}$ yang baru $(\mu_{ik})$ seperti persamaan (2.6). Selanjutnya menghitung pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ dengan persamaan (2.7) sehingga memperoleh matriks seperti persamaan (2.8) yang dilanjutkan dengan menghitung fungsi objektif pada iterasi ke-$t$ $(J_{m(t)})$ menggunakan persamaan (2.1) di mana nilai fungsi jarak di setiap *cluster* $d_{ik}$ dapat diperoleh dengan persamaan (2.10). Setelah itu, dilakukan perbaikan matriks partisi $\boldsymbol{U}$ dengan persamaan (2.9) di mana nilai fungsi jarak di setiap *cluster* $d_{iz}$ dapat diperoleh dengan persamaan (2.11). Tahap akhir dari FCM yaitu menentukan kondisi berhenti ketika $\left(\left|J_{m(t)} - J_{m(t-1)}\right|\right) < \varepsilon$ atau $t > MaxIter$. Jika tidak memenuhi, maka dilakukan iterasi ulang pada tahap menghitung pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$.

Setelah tahap *clustering* FCM, dilanjutkan dengan tahap PFCM yang dimulai dengan menghitung elemen matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}\,(t_{ik})$ menggunakan

persamaan (2.19) dengan cara memanggil hasil akhir elemen matriks partisi $\boldsymbol{U}$ pada persamaan (2.9) dan pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ pada persamaan (2.8) dari tahap proses FCM. Sehingga diperoleh matriks seperti persamaan (2.20) di mana nilai $\gamma_k$ dan $d_{ik}$ dapat diperoleh dengan persamaan (2.21) dan (2.10). Kemudian dilakukan perbaikan pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ dengan persamaan (2.22) sehingga diperoleh matriks seperti persamaan (2.23). Setelah itu, menghitung fungsi objektif pada iterasi ke-$t$ $\left(J_{m,\eta(t)}\right)$ dengan persamaan (2.18). Tahap selanjutnya menghitung perbaikan elemen matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ $(\mu_{ik})$ dengan persamaan (2.9) dan menghitung perbaikan elemen matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ $(t_{ik})$ dengan persamaan (2.19). Tahap akhir pada *clustering* PFCM yaitu menentukan kondisi waktu berhenti dengan cara menghitung perubahan fungsi objektif pada iterasi sebelumnya dan iterasi saat ini. Iterasi berhenti jika $\left(\left|J_{m(t)} - J_{m(t-1)}\right|\right) < \varepsilon$ atau $t > MaxIter$. Jika tidak memenuhi, maka iterasi dapat ditingkatkan dengan cara $t = t + 1$ serta dilakukan iterasi ulang pada tahap memperbaiki pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$. Setelah dilakukan *clustering* menggunakan FCM dan PFCM akan dilanjutkan untuk menghitung validitas *cluster* menggunakan *Modified Partition Coefficient* (MPC). Perhitungan validitas MPC dapat menggunakan persamaan (2.24) dengan ketentuan semakin besar yaitu mendekati angka 1 nilai dari MPC, maka akan semakin tinggi tingkat kevalidannya. Kemudian, tahap yang terakhir yaitu melakukan interpretasi dari hasil *clustering*.

# BAB III

# METODE PENELITIAN

## 3.1 Jenis Penelitian

Jenis pendekatan yang diterapkan pada penelitian ini adalah pendekatan deskriptif kuantitatif. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data kuantitatif berupa data profil kesehatan pada 399 kabupaten/kota dari jumlah keseluruhan 514 kabupaten/kota di Indonesia tahun 2022 yang selanjutnya akan dilakukan *clustering* menggunakan metode PFCM dengan validitas *Modified Partition Coefficient* (MPC).

## 3.2 Data dan Sumber Data

Pada penelitian ini menggunakan data sekunder. Data yang digunakan diperoleh dari publikasi Dinas Kesehatan tiap provinsi di Indonesia. Adapun data diambil dari *website* Dinas Kesehatan berupa profil kesehatan tahun 2022. Namun, data yang digunakan memiliki keterbatasan untuk sembilan provinsi yang tidak memiliki publikasi profil kesehatan, yaitu Banten, Sumatera Barat, Kalimantan Utara, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Barat, Maluku, dan Maluku Utara.

Pada penelitian ini menggunakan tujuh variabel independen ($X$) yang merupakan faktor penyebab *stunting* pada balita mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Fadilah dkk. (2022) dari publikasi Dinas Kesehatan. Dalam penelitian ini, variabel yang digunakan diukur dalam satuan jumlah, karena sesuai dengan standar publikasi Dinas Kesehatan dan lebih informatif serta mencerminkan

kondisi yang terjadi di lapangan. Variabel data yang digunakan pada penelitian seperti Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Variabel Data Penelitian

| No. | Variabel | | Skala |
|---|---|---|---|
| 1. | Jumlah Ibu Hamil Menerima Tablet Penambah Darah (TTD) | $X_1$ | Rasio |
| 2. | Jumlah Bayi Menerima Inisiasi Menyusui Dini (IMD) | $X_2$ | Rasio |
| 3. | Jumlah Bayi Selama 6 Bulan Menerima ASI Eksklusif | $X_3$ | Rasio |
| 4. | Jumlah Bayi Menerima Vitamin A | $X_4$ | Rasio |
| 5. | Jumlah Bayi Menerima Imunisasi Dasar Lengkap | $X_5$ | Rasio |
| 6. | Jumlah Bayi Berat Badan Lahir Rendah | $X_6$ | Rasio |
| 7. | Jumlah Keluarga dengan Akses Fasilitas Sanitasi Layak | $X_7$ | Rasio |

## 3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan teknik dokumenter. Teknik dokumenter merupakan metode yang dilakukan dalam pengumpulan data dengan cara melihat atau menganalisis dokumen-dokumen yang ada. Umumnya dokumen tersebut didapatkan melalui bahan tertulis, publikasi data pada *website*, dan sebagainya (Arikunto, 2006).

## 3.4 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data penelitian.
2. Melakukan *input* data yang akan dilakukan *clustering*.
3. Melakukan analisis deskriptif.
4. Melakukan standardisasi data.

5. Memasukkan parameter awal yaitu:
   a. Jumlah *cluster* $(c)$, yaitu $c = 3$
   b. Pangkat pembobot $(m)$ untuk FCM, $m = 2$
   c. Pangkat pembobot $(\eta)$ untuk PCM, $\eta = 2$
   d. Fungsi objektif awal ($J_0$) = 0
   e. Maksimum iterasi $(MaxIter) = 1000$
   f. *Error* minimum $(\varepsilon) = 10^{-1}$
   g. Iterasi awal $t = 1$
   h. Koefisien $\gamma = K$, yaitu $K = 1$
   i. Koefisien pembobot untuk matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ $(a)$, $a = 1$
   j. Koefisien pembobot untuk matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ $(b)$, $b = 9$.
6. Melakukan tahap *clustering* menggunakan algoritma FCM menggunakan data yang sudah terstandardisasi berupa matriks berukuran $p \times q$.

   Langkah-langkah dalam implementasi algoritma FCM dilakukan seperti berikut:
   a. Membangkitkan elemen matriks partisi $\boldsymbol{U}$ dengan bilangan *random* $u_{ik}$ sehingga diperoleh matriks seperti persamaan (2.3)
   b. Menghitung jumlah setiap baris $(Q_i)$ menggunakan persamaan (2.4)
   c. Melakukan normalisasi elemen matriks partisi $\boldsymbol{U}$ $(u_{ik})$ dengan persamaan (2.5) sehingga diperoleh matriks partisi $\boldsymbol{U}$ yang baru seperti persamaan (2.6)
   d. Menghitung pusat *cluster* **V** dengan persamaan (2.7) sehingga diperoleh matriks seperti persamaan (2.8)
   e. Menghitung fungsi objektif pada iterasi ke-$t$ $(J_{m(t)})$ dengan persamaan

(2.1) di mana nilai fungsi jarak di setiap *cluster* $d_{ik}$ dapat diperoleh dengan persamaan (2.10)

f. Memperbaiki elemen matriks partisi **U** ($\mu_{ik}$) dengan persamaan (2.9) di mana nilai fungsi jarak di setiap *cluster* $d_{ik}$ dapat diperoleh dengan persamaan (2.10) dan $d_{iz}$ dengan persamaan (2.11)

g. Menghitung kriteria berhenti yaitu dengan cara menghitung perubahan fungsi objektif pada iterasi sebelumnya dan iterasi saat ini, sebagai berikut:

   1) Jika $\left(\left|J_{m(t)} - J_{m(t-1)}\right|\right) < \varepsilon$ atau $t > MaxIter$ maka iterasi berhenti

   2) Jika tidak, maka iterasi dapat ditingkatkan dengan cara $t + 1$ dan dilakukan perhitungan ulang mulai dari langkah ke-d.

7. Melakukan tahap *clustering* menggunakan algoritma PFCM

   a. Menghitung nilai matriks kekhasan $\boldsymbol{T}$ yang kemudian pada algoritma PFCM disebut matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ menggunakan persamaan (2.19) dengan cara memanggil hasil akhir matriks partisi $\boldsymbol{U}$ pada persamaan (2.9) dan pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ pada persamaan (2.8) dari tahap proses FCM. Sehingga diperoleh matriks seperti persamaan (2.20) di mana nilai $\gamma_k$ dan $d_{ik}$ dapat diperoleh dengan persamaan (2.21) dan (2.10)

   b. Menghitung perbaikan pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ dengan persamaan (2.22) sehingga diperoleh matriks seperti persamaan (2.23)

   c. Menghitung fungsi objektif pada iterasi ke-$t$ ($J_{m,\eta(t)}$) dengan persamaan (2.18) di mana nilai fungsi jarak di setiap *cluster* $d_{ik}$ dapat diperoleh dengan persamaan (2.10)

d. Memperbaiki elemen matriks partisi $\boldsymbol{U}$ yang kemudian pada algoritma PFCM disebut matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ $(\mu_{ik})$ dengan persamaan (2.9)

e. Memperbaiki elemen matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ $(t_{ik})$ dengan persamaan (2.19)

f. Menghitung kriteria berhenti yaitu dengan cara menghitung perubahan fungsi objektif pada iterasi sebelumnya dan iterasi saat ini, sebagai berikut:

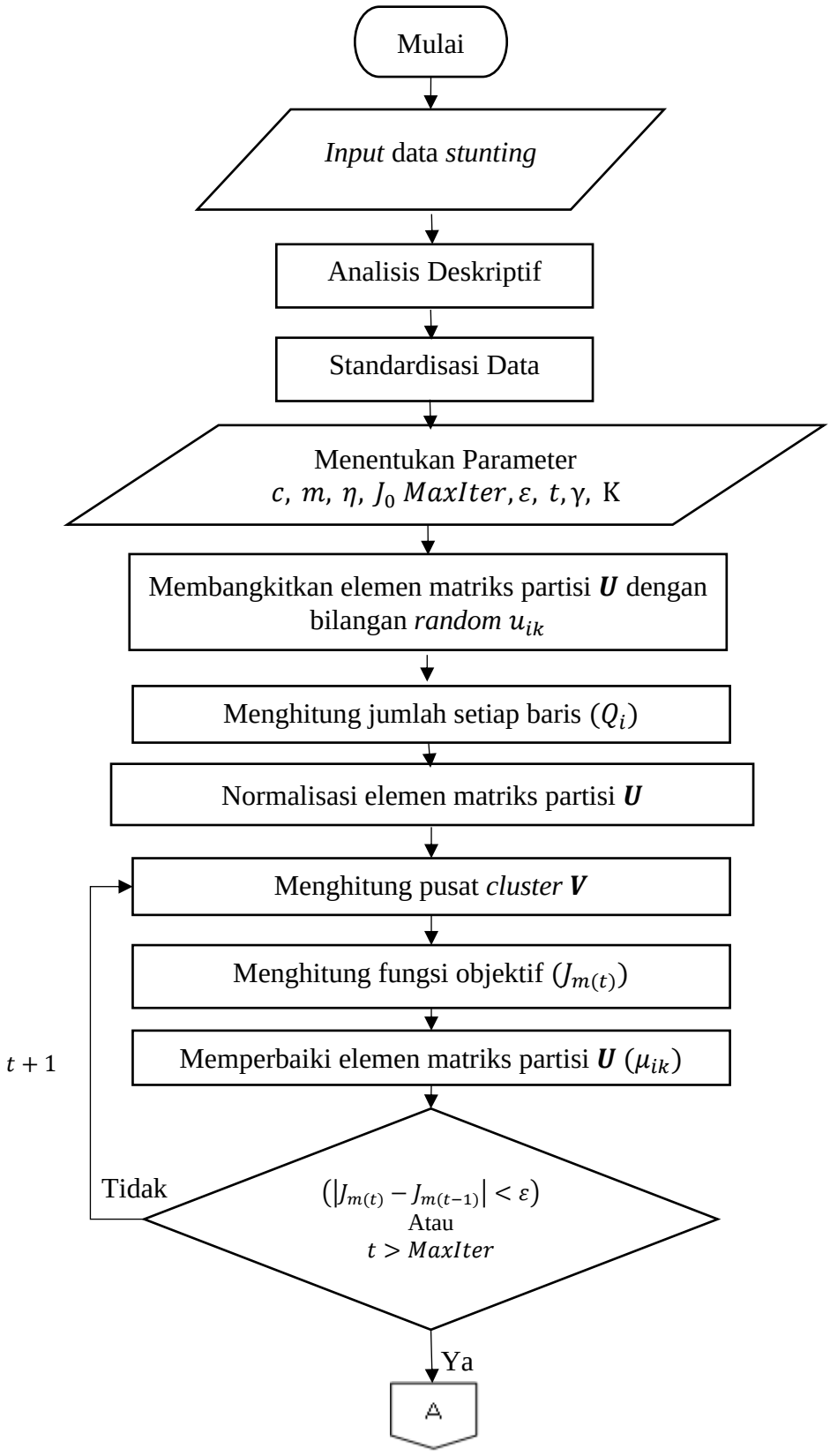
   1) Jika $\left(\left|J_{m,\eta(t)} - J_{m,\eta(t-1)}\right|\right) < \varepsilon$ atau $t > MaxIter$ maka iterasi berhenti

   2) Jika tidak, maka iterasi dapat ditingkatkan dengan cara $t + 1$ dan dilakukan perhitungan kembali mulai dari langkah ke-b.

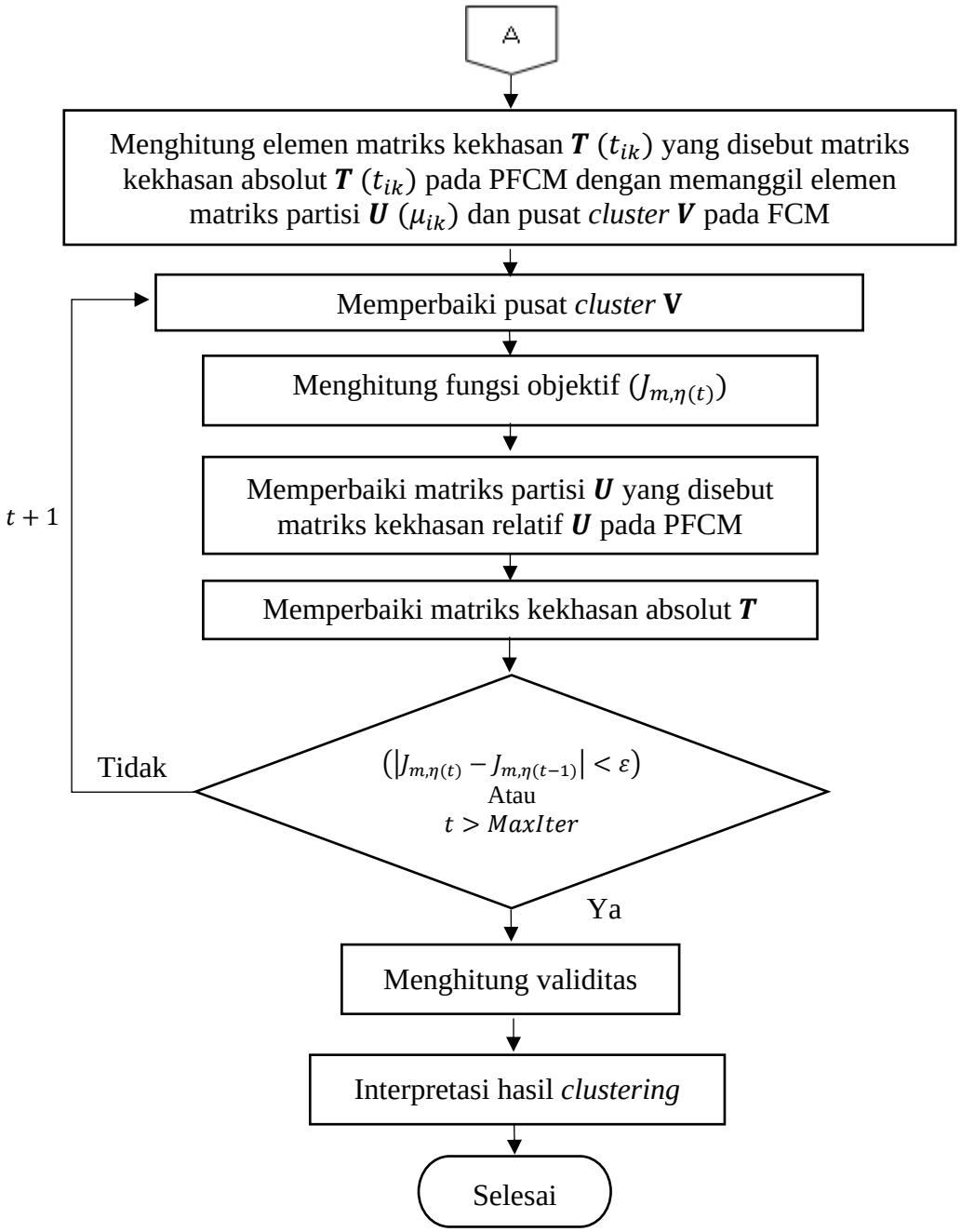
8. Menghitung validitas *Modified Partition Coefficient* (MPC) menggunakan persamaan (2.24) dengan ketentuan semakin besar nilai MPC yaitu mendekati angka 1, maka semakin tinggi tingkat kevalidannya.

9. Melakukan interpretasi hasil *clustering*.

### 3.5 Diagram Alir Penelitian




**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian




Lanjutan **Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

# BAB IV

# HASIL DAN PEMBAHASAN

## 4.1 Analisis Deskriptif

Penelitian ini menggunakan 399 data yang menggambarkan faktor penyebab *stunting* berdasarkan kabupaten/kota. Dalam penelitian ini, terdapat 7 variabel independen yang menjadi faktor penyebab *stunting* di Indonesia, yaitu jumlah ibu hamil menerima TTD ($X_1$), jumlah bayi menerima IMD ($X_2$), jumlah bayi selama 6 bulan menerima ASI eksklusif ($X_3$), jumlah bayi menerima vitamin A ($X_4$), jumlah bayi menerima imunisasi dasar lengkap ($X_5$), jumlah bayi berat badan lahir rendah ($X_6$), dan jumlah keluarga dengan akses fasilitas sanitasi layak ($X_7$). Analisis deskriptif untuk masing-masing variabel dicantumkan di Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Analisis Deskriptif Variabel

| Variabel | Rata-Rata | Standar Deviasi | Minimum | Maksimum |
|---|---|---|---|---|
| $X_1$ | 8.333,441 | 11.117,918 | 0 | 104.887 |
| $X_2$ | 7.009,341 | 9.604,684 | 0 | 92.038 |
| $X_3$ | 3.498,386 | 5.853,068 | 0 | 81.276 |
| $X_4$ | 6.691,965 | 9.934,236 | 0 | 101.184 |
| $X_5$ | 8.772,306 | 11.180,874 | 0 | 103.642 |
| $X_6$ | 282,431 | 342,893 | 0 | 1.965 |
| $X_7$ | 148.662,383 | 186.157,958 | 0 | 1.099.285 |

Variabel pertama $X_1$ yaitu jumlah ibu hamil menerima TTD. Tablet tersebut mengandung zat besi setara dengan 60 mg besi elemental dan 0,4 mg asam folat (Kemenkes, 2022), Pemberian tablet oleh pemerintah bertujuan untuk memenuhi kebutuhan gizi ibu hamil serta mencegah anemia. Sesuai dengan kebijakan, setiap ibu hamil diharapkan menerima minimal 90 tablet selama masa kehamilan untuk memastikan kecukupan zat gizi mikro tersebut. Berdasarkan Tabel 4.1, rata-rata

jumlah ibu hamil yang menerima tablet tambah darah adalah sebesar 8.333,441 dengan standar deviasi sebesar 11.117,918. Nilai minimum sebesar 0 menunjukkan bahwa terdapat kabupaten/kota yang sama sekali tidak memiliki ibu hamil penerima tablet tambah darah, yaitu Kabupaten Sorong Selatan, Sorong, Raja Ampat, Tambrauw, Maybrat, Pegunungan Arfak, Yahukimo, Pegunungan Bintang, Talikora, Sarmi, Dogiyai, Intan Jaya, Deiyai, dan Kota Sorong. Sementara itu, nilai maksimum sebesar 104.887, yaitu Kabupaten Bogor menunjukkan kabupaten/kota dengan cakupan tertinggi.

Variabel $X_2$ yaitu jumlah bayi menerima inisiasi menyusui dini. Proses ini melibatkan kontak kulit ke kulit antara bayi dengan ibunya yang berlangsung minimal 1 (satu) jam (Kemenkes, 2022). Berdasarkan Tabel 4.1, rata-rata jumlah bayi menerima inisiasi menyusui dini adalah sebesar 7.009,341 dengan standar deviasi sebesar 9.604,684. Nilai minimum sebesar 0 menunjukkan bahwa terdapat kabupaten/kota yang sama sekali tidak memiliki bayi penerima inisiasi menyusui dini, yaitu Kabupaten Sorong Selatan, Sorong, Raja Ampat, Tambrauw, Maybrat, Pegunungan Arfak, Puncak Jaya, Asmat, Yahukimo, Sarmi, Mamberamo Raya, Nduga, Yalimo Dogiyai, Intan Jaya, Deiyai, dan Kota Sorong. Sementara itu, nilai maksimum sebesar 92.038, yaitu Kabupaten Bogor menunjukkan kabupaten/kota dengan cakupan tertinggi.

Variabel $X_3$ yaitu jumlah bayi selama 6 bulan menerima ASI eksklusif. Bayi hanya diberikan ASI tanpa makanan tambahan atau cairan lain, kecuali obat, vitamin, dan mineral, berdasarkan penilaian recall 24 jam (Kemenkes, 2022). Praktik ini penting untuk memastikan bayi menerima nutrisi terbaik selama enam bulan pertama kehidupannya, yang sangat penting untuk pertumbuhan optimal dan

perkembangan sistem imun. Berdasarkan Tabel 4.1, rata-rata jumlah bayi selama 6 bulan menerima ASI eksklusif adalah sebesar 3.498,386 dengan standar deviasi sebesar 5.853,068. Nilai minimum sebesar 0 menunjukkan bahwa terdapat kabupaten/kota yang sama sekali tidak memiliki bayi penerima ASI eksklusif selama 6 bulan, yaitu Kabupaten Sorong Selatan, Sorong, Raja Ampat, Tambrauw, Maybrat, Biak Numfor, Puncak Jaya, Mimika, Mappi, Yahukimo, Pegunungan Bintang, Sarmi, Mamberamo Raya, Nduga, Yalimo, Dogiyai, Intan Jaya, Deiyai, dan Kota Sorong. Sementara itu, nilai maksimum sebesar 81.276, yaitu Kabupaten Lombok Timur menunjukkan kabupaten/kota dengan cakupan tertinggi.

Variabel $X_4$ yaitu jumlah bayi menerima vitamin A. Bayi usia 6-11 bulan mendapatkan kapsul vitamin A berwarna biru dengan kandungan dosis 100.000 Satuan Internasional (SI) di suatu wilayah kerja dalam kurun waktu tertentu (Kemenkes, 2022). Berdasarkan Tabel 4.1, rata-rata jumlah bayi menerima vitamin A adalah sebesar 6.691,965 dengan standar deviasi sebesar 9.934,236. Nilai minimum sebesar 0 menunjukkan bahwa terdapat kabupaten/kota yang sama sekali tidak memiliki bayi penerima vitamin A, yaitu Kabupaten Sorong Selatan, Sorong, Raja Ampat, Tambrauw, Maybrat, Jayawijaya, Nabire, Paniai, Puncak Jaya, Mappi, Asmat, Yahukimo, Pegunungan Bintang, Sarmi, Keerom,Waropen, Supiori, Mamberamo Raya, Nduga, Lanny Jaya, Mamberamo Tengah, Yalimo, Puncak, Dogiyai, Intan Jaya, Deiyai, Kota Sorong, dan Kota Jayapura. Sementara itu, nilai maksimum sebesar 101.184, yaitu Kabupaten Tasikmalaya menunjukkan kabupaten/kota dengan cakupan tertinggi.

Variabel $X_5$ yaitu jumlah bayi menerima imunisasi dasar lengkap. Imunisasi dasar lengkap yang diberikan terdiri dari vaksin Hepatitis B, vaksin BCG, vaksin

DPT-HB-HIB, vaksin Polio, dan vaksin Campak/Campak Rubella (Kemenkes, 2022). Berdasarkan Tabel 4.1, rata-rata jumlah bayi menerima imunisasi dasar lengkap adalah sebesar 8.772,306 dengan standar deviasi sebesar 11.180,874. Nilai minimum sebesar 0 menunjukkan bahwa terdapat kabupaten/kota yang sama sekali tidak memiliki bayi penerima imunisasi dasar Lengkap, yaitu Kabupaten Fakfak, Kaimana, teluk Wondama, Teluk Bintuni, Manokwari, Sorong Selatan, Sorong, Raja Ampat, Tambrauw, Maybrat, Manokwari Selatan, Pegunungan Arfak dan Kota Sorong. Sementara itu, nilai maksimum sebesar 103.642, yaitu Kabupaten Bogor menunjukkan kabupaten/kota dengan cakupan tertinggi.

Variabel $X_6$ yaitu jumlah bayi berat badan lahir rendah. Bayi dikatakan berat badan lahir rendah jika beratnya kurang dari 2500 gram (Kemenkes, 2022). Berdasarkan Tabel 4.1, rata-rata jumlah bayi berat badan lahir rendah adalah sebesar 282,431 dengan standar deviasi sebesar 342,893. Nilai minimum sebesar 0 menunjukkan bahwa terdapat kabupaten/kota yang sama sekali tidak memiliki bayi berat badan lahir rendah, yaitu Kabupaten Sorong Selatan, Sorong, Raja Ampat, Tambrauw, Maybrat, Jayawijaya, Paniai, Yahukimo, Talikora, Mamberamo Raya, Nduga, Yalimo, Puncak, Dogiyai, Intan Jaya, Deiyai, dan Kota Sorong. Sementara itu, nilai maksimum sebesar 1.965, yaitu Kabupaten Sukabumi menunjukkan kabupaten/kota dengan cakupan tertinggi.

Variabel $X_7$ yaitu jumlah keluarga dengan akses fasilitas sanitasi layak. Keluarga dikatakan memiliki akses fasilitas sanitasi layak jika memiliki kriteria berikut (Kemenkes, 2022):

1. Akses sanitasi aman, yaitu menggunakan kloset leher angsa dengan tangki septik yang telah disedot dalam 3-5 tahun terakhir atau terhubung ke SPAL

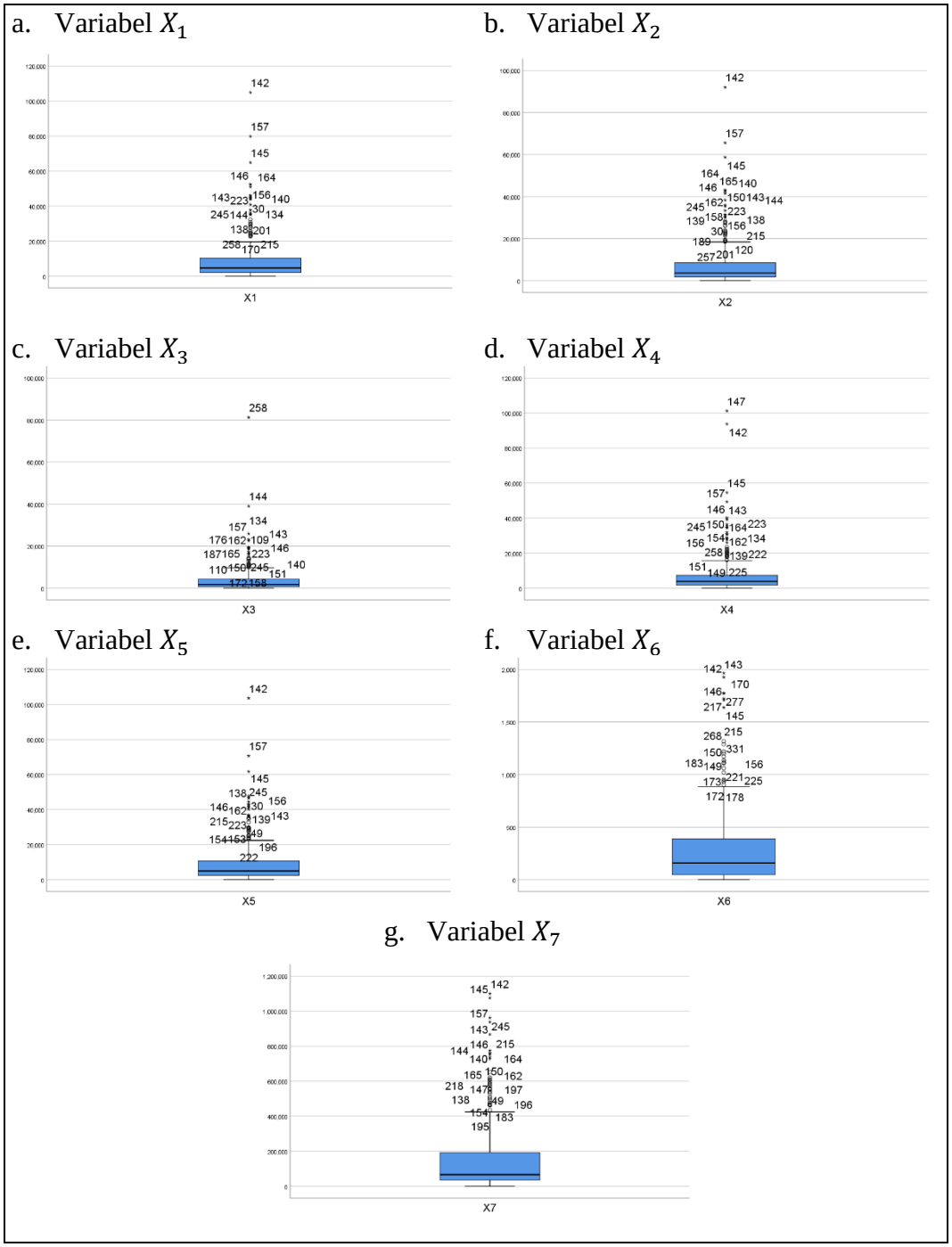
2. Akses sanitasi layak sendiri, yaitu menggunakan kloset leher angsa dengan tangki septik yang belum pernah disedot (di perkotaan) atau terhubung ke lubang tanah/cubluk (di perdesaan)
3. Akses sanitasi layak Bersama, yaitu menggunakan fasilitas sanitasi bersama dengan kloset leher angsa dan tangki septik.

Berdasarkan Tabel 4.1, rata-rata jumlah keluarga dengan akses fasilitas sanitasi layak adalah sebesar 148.662,383 dengan standar deviasi sebesar 186.157,958. Nilai rata-rata tersebut menggambarkan cakupan rata-rata keluarga dengan akses fasilitas sanitasi layak berbagai kabupaten/kota Indonesia. Nilai minimum sebesar 0 menunjukkan bahwa terdapat kabupaten/kota yang sama sekali tidak memiliki akses fasilitas sanitasi layak, yaitu Kabupaten Talikora. Sementara itu, nilai maksimum sebesar 1.099.285, yaitu Kabupaten Bogor menunjukkan kabupaten/kota dengan cakupan tertinggi.

## 4.2 *Outlier*

Kabupaten/kota di Indonesia memiliki nilai variabel yang jauh berbeda dibandingkan dengan mayoritas data lainnya dalam distribusi faktor penyebab *stunting* sehingga banyak adanya *outlier* yang terdeteksi. Adanya *outlier* dapat menunjukkan adanya perbedaan signifikan antar wilayah dan memiliki nilai ekstrem pada variabel tertentu, seperti cakupan jumlah ibu hamil yang menerima Tablet Tambah Darah (TTD), jumlah bayi menerima Inisiasi Menyusu Dini (IMD), jumlah bayi selama 6 bulan menerima ASI eksklusif, jumlah bayi menerima vitamin A, jumlah bayi menerima imunisasi dasar lengkap, jumlah bayi berat badan lahir rendah, dan jumlah keluarga dengan akses fasilitas sanitasi layak. Analisis ini

menggambarkan pola distribusi data secara keseluruhan masing-masing variabel.




**Gambar 4.1** *Outlier* Variabel Data Penelitian

Pada Gambar 4.1 menunjukkan adanya *outlier* pada beberapa variabel yang jauh dari distribusi nilai lainnya. Pada variabel $X_1$ terdapat 22 nilai *outlier*, sementara pada variabel $X_2$ terdapat 25 nilai *outlier*. Selain itu, variabel $X_3$ memiliki

18 nilai *outlier*, variabel $X_4$ memiliki 16 nilai, variabel $X_5$ menunjukkan 20 nilai *outlier*, variabel $X_6$ memiliki 21 nilai, dan variabel $X_7$ memiliki 22 nilai *outlier*.

Berdasarkan identifikasi *outlier* pada masing-masing variabel di atas, ditemukan bahwa beberapa wilayah sering muncul sebagai *outlier*, seperti nilai 142, 143, dan 145. Wilayah tersebut yaitu Kabupaten Bogor, Kabupaten Sukabumi, dan Kabupaten Bandung. Hal ini menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki karakteristik yang berbeda secara signifikan dibandingkan mayoritas *outlier* lainnya, terutama karena distribusinya yang tinggi. Kondisi ini mengindikasikan bahwa wilayah tersebut memiliki kemungkinan berada dalam kategori *cluster* dengan prevalensi *stunting* yang rendah.

## 4.3 Standardisasi Data

Standardisasi data menjadi langkah penting dalam pengelolaan data pada penelitian ini. Hal ini dikarenakan terdapat variabel yang memiliki skala pengukuran yang berbeda, yaitu pada variabel akses fasilitas sanitasi layak. Proses perhitungan standardisasi data pada penelitian ini menggunakan metode *z-score* menggunakan *software* R-Studio. *Z-score* mengubah nilai variabel menjadi bentuk standar pada setiap variabel memiliki distribusi dengan rata-rata 0 dan standar deviasi 1, sehingga perbedaan skala dapat diatasi. Hasil standardisasi data penelitian ini yaitu faktor penyebab *stunting* dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Lampiran 2.

**Tabel 4.2** Standardisasi Data

| No. | Kabupaten/Kota | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | ⋯ | $X_7$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Kabupaten Aceh Selatan | -0,433 | -0,485 | -0,427 | ⋯ | -0,576 |
| 2. | Kabupaten Aceh Tenggara | -0,452 | -0,455 | -0,463 | ⋯ | -0,667 |
| 3. | Kabupaten Aceh Timur | -0,076 | 0,017 | -0,267 | ⋯ | -0,277 |

| No. | Kabupaten/Kota | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | ⋯ | $X_7$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4. | Kabupaten Aceh Tengah | -0,421 | -0,420 | -0,376 | ⋯ | -0,529 |
| 5. | Kabupaten Aceh Barat | -0,561 | -0,508 | -0,456 | ⋯ | -0,549 |
| 6. | Kabupaten Aceh Besar | -0,187 | -0,371 | -0,291 | ⋯ | -0,242 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋱ | ⋮ |
| 395. | Kabupaten Puncak | -0,722 | -0,717 | -0,507 | ⋯ | -0,770 |
| 396. | Kabupaten Dogiyai | -0,750 | -0,730 | -0,598 | ⋯ | -0,788 |
| 397. | Kabupaten Intan Jaya | -0,750 | -0,730 | -0,598 | ⋯ | -0,793 |
| 398. | Kabupaten Deiyai | -0,750 | -0,730 | -0,598 | ⋯ | -0,794 |
| 399. | Kota Jayapura | -0,603 | -0,625 | -0,346 | ⋯ | -0,261 |

Berikut merupakan contoh perhitungan manual untuk persamaan standardisasi pada data pertama untuk semua variabel menggunakan *Z-Score* berdasarkan hasil dari analisis deskriptif.

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \mu_j}{\sigma_j}$$

Variabel $X_1$

$$Z_{11} = \frac{X_{11} - \mu_1}{\sigma_1} = \frac{3.519 - 8.333{,}441}{11.117{,}918} = -0{,}433$$

Variabel $X_2$

$$Z_{12} = \frac{X_{12} - \mu_2}{\sigma_2} = \frac{2.355 - 7.009{,}341}{9.604{,}684} = -0{,}485$$

Variabel $X_3$

$$Z_{13} = \frac{X_{13} - \mu_3}{\sigma_3} = \frac{1.001 - 3.498{,}386}{5.853{,}068} = -0{,}427$$

Variabel $X_4$

$$Z_{14} = \frac{X_{14} - \mu_4}{\sigma_4} = \frac{2.120 - 6.691{,}965}{9.934{,}236} = -0{,}460$$

Variabel $X_5$

$$Z_{15} = \frac{X_{15} - \mu_5}{\sigma_5} = \frac{1.270 - 8.772{,}306}{11.180{,}874} = -0{,}671$$

Variabel $X_6$

$$Z_{16} = \frac{X_{16} - \mu_6}{\sigma_6} = \frac{340 - 282{,}431}{342{,}893} = 0{,}168$$

Variabel $X_7$

$$Z_{17} = \frac{X_{17} - \mu_7}{\sigma_7} = \frac{41.426 - 148.662{,}383}{186.157{,}958} = -0{,}576$$

## 4.4 Hasil *Clustering Fuzzy C-Means* (FCM)

Data faktor penyebab *stunting* yang telah dilakukan standardisasi menjadi data yang akan dilakukan *clustering*. Data tersebut direpresentasikan dalam bentuk matriks $\boldsymbol{Z}$ berukuran $399 \times 7$, yang berarti terdapat 399 jumlah data penelitian dengan variabel berjumlah 7. Matriks data tersebut sebagai dasar untuk melakukan proses *clustering* pada pengelompokan daerah pada prevalensi *stunting* berdasarkan faktor penyebab *stunting*. Sehingga matriks tersebut direpresentasikan dalam matriks $\boldsymbol{Z}$ sebagai berikut:

$$\boldsymbol{Z} = \begin{bmatrix} -0{,}433 & -0{,}485 & -0{,}427 & \cdots & -0{,}576 \\ -0{,}452 & -0{,}455 & -0{,}463 & \ldots & -0{,}667 \\ -0{,}076 & 0{,}017 & -0{,}267 & \cdots & -0{,}277 \\ -0{,}421 & -0{,}420 & -0{,}376 & \cdots & -0{,}529 \\ -0{,}561 & -0{,}508 & -0{,}456 & \cdots & -0{,}549 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -0{,}722 & -0{,}717 & -0{,}508 & \cdots & -0{,}770 \\ -0{,}750 & -0{,}730 & -0{,}598 & \cdots & -0{,}788 \\ -0{,}750 & -0{,}730 & -0{,}598 & \cdots & -0{,}793 \\ -0{,}750 & -0{,}730 & -0{,}598 & \cdots & -0{,}794 \\ -0{,}603 & -0{,}625 & -0{,}346 & \cdots & -0{,}261 \end{bmatrix}$$

Matriks $\boldsymbol{Z}$ dapat dilihat pada Lampiran 2.

Pada penelitian ini jumlah *cluster* ditentukan sebanyak 3 *cluster*, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Hal ini merujuk pada pengkategorian yang ada pada Indeks Khusus Penanganan *Stunting* (IKPS) oleh BPS. Sehingga *clustering* prevalensi

*stunting* selaras dengan IKPS yang merupakan salah satu upaya pencegahan *stunting*. Menurut publikasi IKPS oleh BPS pada tahun 2022 terdapat tiga kategori IKPS, yaitu rendah, sedang, dan tinggi (BPS, 2023). Kategori rendah, sedang, dan tinggi di dalam IKPS menggambarkan tingkat prevalensi *stunting* yang perlu ditangani dengan intensitas berbeda, sehingga pengelompokan daerah pada prevalensi *stunting* dalam penelitian ini diharapkan dapat mendukung upaya intervensi yang lebih tepat.

Sebelum proses *clustering* dimulai, dilakukan serangkaian uji coba pra-penelitian untuk menentukan parameter yang optimal. Parameter-parameter tersebut penting untuk memastikan hasil *clustering* yang akurat. Beberapa parameter yang telah ditentukan antara lain:

1. Pangkat pembobot $(m)$ untuk FCM telah ditentukan yaitu $m = 2$, berdasarkan hasil uji coba parameter yang paling optimal. Semakin tinggi nilai pangkat pembobot $(m)$, tingkat akurasi yang dihasilkan cenderung semakin rendah.
2. Fungsi objektif awal $(J_0)$: diinisialisasi dengan nilai 0, yang nantinya akan diperbarui selama iterasi.
3. Maksimum iterasi $(MaxIter)$: ditetapkan sebanyak 1000 iterasi untuk memastikan proses iterasi berjalan cukup lama hingga konvergensi tercapai.
4. *Error* minimum $(\varepsilon)$: diatur sebesar $10^{-1}$. Nilai tersebut sebagai batas toleransi *error* untuk menghentikan iterasi. Berdasarkan uji coba yang ditunjukkan pada Tabel 4.3, penurunan nilai *error* tidak menghasilkan peningkatan akurasi yang signifikan, dan nilai akurasi cenderung tetap.

**Tabel 4.3** Akurasi Nilai *Error*

| ***Error*** | **Akurasi** | **Jumlah Iterasi** |
|---|---|---|
| $10^{-1}$ | 0,7035166769 | 12 |
| $10^{-2}$ | 0,7035327498 | 16 |
| $10^{-3}$ | 0,7035345119 | 21 |
| $10^{-4}$ | 0,7035346697 | 26 |
| $10^{-5}$ | 0,7035346858 | 31 |
| $10^{-6}$ | 0,7035346876 | 36 |
| $10^{-7}$ | 0,7035346878 | 41 |
| $10^{-8}$ | 0,7035346878 | 46 |
| $10^{-9}$ | 0,7035346878 | 52 |
| $10^{-10}$ | 0,7035346878 | 57 |

5. Iterasi awal $(t)$: dimulai dari $t = 1$, sebagai titik awal Iterasi.

Setelah menentukan parameter, selanjutnya dilakukan *clustering* FCM untuk memperoleh matriks partisi $\boldsymbol{U}$ dan matriks pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ yang akan digunakan pada tahap PFCM. Tahap awal dari *clustering* FCM yaitu membangkitkan bilangan *random* untuk mengisi elemen sebagai elemen matriks partisi awal $\boldsymbol{U}$. Bilangan *random* dibangkitkan menggunakan *software* Rstudio sehingga menghasilkan matriks partisi $\boldsymbol{U}$ berukuran $399 \times 3$, yang menandakan derajat keanggotaan setiap data sejumlah 399 terhadap tiga *cluster*. Matriks partisi $\boldsymbol{U}$ yang awal sebagai berikut:

$$\boldsymbol{U} = \begin{bmatrix} 0{,}288 & 0{,}991 & 0{,}361 \\ 0{,}788 & 0{,}986 & 0{,}259 \\ 0{,}409 & 0{,}137 & 0{,}471 \\ 0{,}883 & 0{,}905 & 0{,}366 \\ 0{,}940 & 0{,}576 & 0{,}121 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0{,}105 & 0{,}489 & 0{,}449 \\ 0{,}240 & 0{,}801 & 0{,}766 \\ 0{,}271 & 0{,}408 & 0{,}026 \\ 0{,}101 & 0{,}104 & 0{,}195 \\ 0{,}118 & 0{,}281 & 0{,}881 \end{bmatrix}$$

Matriks partisi $\boldsymbol{U}$ awal dapat dilihat pada Lampiran 3.

Hasil matriks partisi $\boldsymbol{U}$ yang dihasilkan dengan membangkitkan bilangan

*random*, elemen pada baris harus berjumlah 1 untuk setiap data. Untuk memastikan jumlah elemen pada baris setiap data dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (2.4), yaitu:

$$Q_1 = \sum_{k=1}^{3} u_{1k} = 0{,}288 + 0{,}991 + 0{,}361 = 1{,}640$$

$$Q_2 = \sum_{k=1}^{3} u_{2k} = 0{,}788 + 0{,}986 + 0{,}259 = 2{,}033$$

$$\vdots$$

$$Q_{399} = \sum_{k=1}^{3} u_{399k} = 0{,}118 + 0{,}281 + 0{,}881 = 1{,}280$$

Pada hasil perhitungan jumlah elemen pada baris di atas, jumlah elemen pada baris melebihi syarat yang ditentukan yaitu 1. Sehingga harus dilakukan normalisasi pada matriks partisi $\boldsymbol{U}$ tersebut. Hal ini dikarenakan FCM memiliki pendekatan derajat keanggotaan *probabilistic* yang memiliki syarat jumlah baris pada setiap data harus berjumlah 1. Sehingga normalisasi dilakukan dengan menghitung menggunakan persamaan (2.5), yaitu:

$$\mu_{11} = \frac{u_{11}}{Q_1} = \frac{0{,}288}{1{,}640} = 0{,}175$$

$$\mu_{21} = \frac{u_{21}}{Q_2} = \frac{0{,}788}{2{,}033} = 0{,}388$$

$$\vdots$$

$$\mu_{399,1} = \frac{u_{3991}}{Q_{399}} = \frac{0{,}118}{1{,}280} = 0{,}092$$

Sehingga menghasilkan matriks partisi $\boldsymbol{U}$ sebagai berikut:

$$\boldsymbol{U} = \begin{bmatrix} 0{,}175 & 0{,}604 & 0{,}220 \\ 0{,}388 & 0{,}485 & 0{,}127 \\ 0{,}402 & 0{,}135 & 0{,}463 \\ 0{,}410 & 0{,}420 & 0{,}170 \\ 0{,}574 & 0{,}352 & 0{,}074 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0{,}101 & 0{,}469 & 0{,}430 \\ 0{,}133 & 0{,}443 & 0{,}424 \\ 0{,}384 & 0{,}579 & 0{,}037 \\ 0{,}253 & 0{,}260 & 0{,}488 \\ 0{,}092 & 0{,}219 & 0{,}689 \end{bmatrix}$$

Matriks partisi $\boldsymbol{U}$ normalisasi dapat dilihat pada Lampiran 4.

Untuk memastikan jumlah elemen pada baris setiap data dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (2.4), yaitu:

$$Q_1 = \sum_{k=1}^{3} u_{1k} = 0{,}175 + 0{,}604 + 0{,}220 = 1$$

$$Q_2 = \sum_{k=1}^{3} u_{2k} = 0{,}388 + 0{,}485 + 0{,}127 = 1$$

$$\vdots$$

$$Q_{399} = \sum_{k=1}^{3} u_{399k} = 0{,}092 + 0{,}219 + 0{,}689 = 1$$

Setelah mendapatkan matriks partisi $\boldsymbol{U}$ yang sudah memenuhi syarat *probabilistic*, dilanjutkan dengan menghitung pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$. Pusat *cluster V* merupakan vektor yang mewakili titik tengah dari tiap *cluster* dalam ruang data. Pusat *cluster* tersebut berupa matriks $\boldsymbol{V}$ yang berukuran $3 \times 7$, dimana jumlah baris menunjukkan jumlah *cluster* dan jumlah kolom merepresentasikan jumlah variabel faktor penyebab *stunting*. Pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ dihitung menggunakan persamaan (2.7), sebagai berikut:

*Cluster* 1

$$v_{11} = \frac{\sum_{i=1}^{399}(\mu_{i1})^2 x_{i1}}{\sum_{i=1}^{399}(\mu_{i1})^2}$$

$$= \frac{(0{,}176)^2(-0{,}433) + (0{,}388)^2(-0{,}485) + (0{,}402)^2(-0{,}427) + \cdots + (0{,}092)^2(-0{,}576)}{(0{,}176)^2 + (0{,}388)^2 + (0{,}402)^2 + \cdots + (0{,}092)^2}$$

$$= -0{,}010$$

*Cluster* 2

$$v_{21} = \frac{\sum_{i=1}^{399}(\mu_{i2})^2 x_{i1}}{\sum_{i=1}^{399}(\mu_{i2})^2}$$

$$= \frac{(0{,}604)^2(-0{,}433) + (0{,}485)^2(-0{,}485) + (0{,}135)^2(-0{,}427) + \cdots + (0{,}220)^2(-0{,}576)}{(0{,}604)^2 + (0{,}485)^2 + (0{,}135)^2 + \cdots + (0{,}220)^2}$$

$$= 0{,}056$$

*Cluster* 3

$$v_{31} = \frac{\sum_{i=1}^{399}(\mu_{i3})^2 x_{i1}}{\sum_{i=1}^{399}(\mu_{i3})^2}$$

$$= \frac{(0{,}220)^2(-0{,}433) + (0{,}127)^2(-0{,}485) + (0{,}463)^2(-0{,}427) + \cdots + (0{,}689)^2(-0{,}576)}{(0{,}220)^2 + (0{,}127)^2 + (0{,}463)^2 + \cdots + (0{,}689)^2}$$

$$= -0{,}044$$

Sehingga dapat direpresentasikan dalam matriks $\boldsymbol{V}$ sebagai berikut:

$$\boldsymbol{V} = \begin{bmatrix} -0{,}010 & -0{,}009 & -0{,}045 & \cdots & -0{,}041 \\ 0{,}056 & 0{,}050 & 0{,}065 & \cdots & 0{,}059 \\ -0{,}044 & -0{,}049 & -0{,}037 & \cdots & -0{,}023 \end{bmatrix}$$

Matriks pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ pada iterasi pertama dapat dilihat pada Lampiran 5.

Tahap selanjutnya yaitu menghitung fungsi objektif. Perhitungan fungsi objektif dibutuhkan hasil dari matriks jarak $d_{ik}$. Perhitungan $d_{ik}$ menggunakan persamaan (2.10) sebagai berikut:

*Cluster* 1

$$d_{11} = d(x_1 , v_1) = \left[\sum_{j=1}^{7}\left(x_{1j} - v_{1j}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\left((-0{,}433) - (-0{,}010)\right)^2 + \left((-0{,}485) - (-0{,}009)\right)^2 + \left((-0{,}427) - (-0{,}045)\right)^2 + \cdots + \left((-0{,}576) - (-0{,}041)\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= [1{,}472]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1{,}213$$

*Cluster* 2

$$d_{12} = d(x_1 , v_2) = \left[\sum_{j=1}^{7}\left(x_{1j} - v_{2j}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\left((-0{,}433) - (0{,}056)\right)^2 + \left((-0{,}485) - (-0{,}050)\right)^2 + \left((-0{,}427) - (-0{,}065)\right)^2 + \cdots + \left((-0{,}576) - (-0{,}059)\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= [2{,}101]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1{,}450$$

*Cluster* 3

$$d_{13} = d(x_1 , v_3) = \left[\sum_{j=1}^{7}\left(x_{1j} - v_{3j}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\left((-0{,}433) - (-0{,}044)\right)^2 + \left((-0{,}485) - (-0{,}049)\right)^2 + \left((-0{,}427) - (-0{,}037)\right)^2 + \cdots + \left((-0{,}576) - (-0{,}023)\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= [1{,}383]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1{,}176$$

$$d_{399,3} = d(x_{399} , v_3) = \left[\sum_{j=1}^{7}\left(x_{399j} - v_{3j}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\left((-0{,}603) - (-0{,}044)\right)^2 + \left((-0{,}625) - (-0{,}049)\right)^2 + \left((-0{,}346) - (-0{,}037)\right)^2 + \cdots + \left((-0{,}261) - (-0{,}023)\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= [1{,}608]^{\frac{1}{2}}$$

$= 1{,}268$

Adapun hasil dari perhitungan fungsi objektif pada iterasi pertama menggunakan persamaan (2.1) diperoleh sebagai berikut:

$$J_{2(1)} = \sum_{i=1}^{399}\sum_{k=1}^{3}(\mu_{ik})^2(d_{ik})^2$$

$$= (0{,}176)(1{,}213)^2 + (0{,}604)(1{,}450)^2 + (0{,}220)(1{,}176)^2 + \cdots + (0{,}689)(1{,}268)^2$$

$$= 1243{,}178$$

Kemudian, tahap selanjutnya yaitu memperbaiki matriks partisi $\boldsymbol{U}$ pada masing-masing *cluster*. Perbaikan matriks partisi $\boldsymbol{U}$ dilakukan untuk memperbaiki derajat keanggotaan setiap *cluster* dengan mempertimbangkan pusat *cluster* yang sudah diperoleh sebelumnya. Sehingga derajat keanggotaan yang diperoleh lebih optimal. Perbaikan matriks partisi $\boldsymbol{U}$ dihitung menggunakan persamaan (2.9).

$$\mu_{11} = \left[\sum_{z=1}^{3}\left(\frac{d_{11}}{d_{1z}}\right)^{\frac{2}{2-1}}\right]^{-1} = \frac{(1{,}213^2)^{-1}}{(1{,}213^2)^{-1} + (1{,}450^2)^{-1} + (1{,}176^2)^{-1}} = 0{,}362$$

$$\mu_{12} = \left[\sum_{z=1}^{3}\left(\frac{d_{12}}{d_{1z}}\right)^{\frac{2}{2-1}}\right]^{-1} = \frac{(1{,}450^2)^{-1}}{(1{,}213^2)^{-1} + (1{,}450^2)^{-1} + (1{,}176^2)^{-1}} = 0{,}253$$

$$\mu_{13} = \left[\sum_{z=1}^{3}\left(\frac{d_{13}}{d_{1z}}\right)^{\frac{2}{2-1}}\right]^{-1} = \frac{(1{,}176^2)^{-1}}{(1{,}213^2)^{-1} + (1{,}450^2)^{-1} + (1{,}176^2)^{-1}} = 0{,}385$$

$$\vdots$$

$$\mu_{399,3} = \left[\sum_{z=1}^{3}\left(\frac{d_{3993}}{d_{1z}}\right)^{\frac{2}{2-1}}\right]^{-1} = \frac{(1{,}268^2)^{-1}}{(1{,}345^2)^{-1} + (1{,}610^2)^{-1} + (1{,}268^2)^{-1}} = 0{,}398$$

Hasil perbaikan matriks partisi $\boldsymbol{U}$ pada iterasi pertama sebagai berikut:

$$\boldsymbol{U} = \begin{bmatrix} 0.362 & 0.253 & 0.385 \\ 0.362 & 0.241 & 0.397 \\ 0.374 & 0.259 & 0.367 \\ 0.364 & 0.234 & 0.402 \\ 0.359 & 0.248 & 0.393 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0.353 & 0.268 & 0.380 \\ 0.353 & 0.269 & 0.378 \\ 0.352 & 0.270 & 0.378 \\ 0.353 & 0.270 & 0.378 \\ 0.354 & 0.247 & 0.398 \end{bmatrix}$$

Perbaikan matriks partisi $\boldsymbol{U}$ dapat dilihat pada Lampiran 6.

Setelah itu, pada hasil iterasi pertama harus dilakukan cek kondisi berhenti agar mengetahui kondisi yang konvergen. Kondisi dikatakan konvergen jika $|J_{2(t)} - J_{2(t-1)}| < \varepsilon$ atau $t > MaxIter$. Cek kondisi pada iterasi pertama dengan $J_{2(0)} = 0$ diperoleh sebagai berikut:

$$|J_{2(1)} - J_{2(0)}| < \varepsilon$$

$$|1243{,}178 - 0| < 10^{-1}$$

$$1{,}243178 \times 10^{3} > 10^{-1}$$

Kondisi tersebut belum memenuhi syarat kekonvergenan yang diharuskan berhenti. Maka dari itu, harus dilakukan proses iteratif mulai dari menghitung pusat *cluster* sehingga dapat meminimalkan fungsi objektif. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan keakuratan pada proses *clustering* hingga mencapai hasil yang konvergen.

Berdasarkan hasil perhitungan iteratif dengan menggunakan *software* RStudio diperoleh sebanyak 17 iterasi hingga diperoleh nilai fungsi objektif $J_{2(17)} = 579{,}899$. Fungsi objektif terakhir dapat dibuktikan telah memenuhi kriteria kondisi berhenti sebagai berikut:

$$|J_{2(17)} - J_{2(16)}| < \varepsilon$$

$$|5{,}79899 \times 10^2 - 5{,}79992 \times 10^2| < 10^{-1}$$

$$9{,}3 \times 10^{-2} < 10^{-1}$$

Dengan demikian, hasil dari matriks partisi $\boldsymbol{U}$ yang akhir sebagai berikut:

$$\boldsymbol{U} = \begin{bmatrix} 0{,}055 & 0{,}006 & 0{,}939 \\ 0{,}008 & 0{,}001 & 0{,}991 \\ 0{,}207 & 0{,}016 & 0{,}777 \\ 0{,}015 & 0{,}002 & 0{,}983 \\ 0{,}015 & 0{,}002 & 0{,}983 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0{,}046 & 0{,}007 & 0{,}947 \\ 0{,}049 & 0{,}008 & 0{,}943 \\ 0{,}050 & 0{,}008 & 0{,}942 \\ 0{,}050 & 0{,}008 & 0{,}942 \\ 0{,}035 & 0{,}005 & 0{,}961 \end{bmatrix}$$

dan matriks pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ yang akhir sebagai berikut:

$$\boldsymbol{V} = \begin{bmatrix} 0{,}502 & 0{,}542 & 0{,}403 & \cdots & 0{,}825 \\ 3{,}042 & 3{,}015 & 1{,}982 & \cdots & 2{,}854 \\ -0{,}423 & -0{,}428 & -0{,}331 & \cdots & -0{,}501 \end{bmatrix}$$

Matriks partisi $\boldsymbol{U}$ akhir dapat dilihat pada Lampiran 7 dan matriks pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ akhir dapat dilihat pada Lampiran 8.

## 4.5 Hasil *Clustering Possibilistic Fuzzy C-Means* (PFCM)

Setelah proses *clustering* menggunakan FCM selesai, diperoleh matriks partisi $\boldsymbol{U}$ dan matriks pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ yang akan dipanggil pada tahap *clustering* PFCM. Seperti proses *clustering* FCM, proses *clustering* PFCM juga dilakukan serangkaian uji coba pra-penelitian untuk menentukan parameter yang optimal. Parameter-parameter tersebut penting untuk memastikan hasil *clustering* PFCM yang akurat. Beberapa parameter yang telah ditentukan antara lain:

1. Pangkat pembobot $(m)$ untuk FCM telah ditentukan yaitu $m = 2$,

berdasarkan hasil uji coba parameter yang paling optimal. Semakin tinggi nilai pangkat pembobot ($m$), tingkat akurasi yang dihasilkan cenderung semakin rendah.

2. Pangkat pembobot ($\eta$) untuk PFCM: $\eta = 2$, berdasarkan hasil uji coba parameter yang paling optimal. Semakin tinggi nilai pangkat pembobot ($\eta$), tingkat akurasi yang diperoleh cenderung semakin rendah.
3. Koefisien matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$: $a = 1$, berdasarkan hasil uji coba parameter yang paling optimal. Semakin tinggi koefisien ($a$) maka diperoleh semakin kecil tingkat akurasi yang dihasilkan.
4. Koefisien matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$: $b = 9$, berdasarkan hasil uji coba parameter yang paling optimal. Untuk $b < 9$ diperoleh tingkat akurasi semakin kecil dan $b > 9$ diperoleh peningkatan akurasi yang tetap.
5. Koefisien $\gamma = K$: yaitu $K = 1$, berdasarkan hasil uji coba parameter yang paling optimal. Semakin tinggi nilai $K$, maka diperoleh semakin kecil tingkat akurasi yang dihasilkan.
6. Fungsi objektif awal ($J_0$): diinisialisasi dengan nilai 0, yang nantinya akan diperbarui selama iterasi.
7. Maksimum iterasi ($MaxIter$): ditetapkan sebanyak 1000 iterasi untuk memastikan proses iterasi berjalan cukup lama hingga konvergensi tercapai.
8. *Error* minimum ($\varepsilon$): diatur sebesar $10^{-1}$. Nilai tersebut sebagai batas toleransi *error* untuk menghentikan iterasi. Berdasarkan uji coba pada Tabel 4.3, penurunan nilai *error* tidak menghasilkan peningkatan akurasi yang signifikan, dan nilai akurasi cenderung tetap.
9. Iterasi awal ($t$): dimulai dari $t = 1$, sebagai titik awal iterasi.

PFCM merupakan kombinasi dari dua pendekatan, yaitu FCM dan PCM. Dalam FCM, derajat keanggotaan menggunakan pendekatan *probabilistic* sehingga setiap data harus berjumlah 1. Namun, PFCM memperkenalkan derajat keanggotaan *possibilistic*, yang tidak terikat pada kondisi *probabilistic*, memungkinkan setiap data memiliki derajat keanggotaan yang lebih fleksibel terhadap beberapa *cluster*. Dengan ini, PFCM dapat mengatasi kelemahan FCM dalam menghadapi data yang memiliki *noise* atau *outlier*. Hal itu dikarenakan data dapat berperan lebih kuat pada satu *cluster* dan lebih lemah pada *cluster* lainnya.

Pada tahap awal *clustering* PFCM, matriks partisi $\boldsymbol{U}$ dan matriks pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ dari hasil FCM digunakan untuk menghitung matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$. Hal tersebut bertujuan meningkatkan hasil *clustering* melalui pendekatan *possibilistic*, yang memperhitungkan ketidakpastian dalam derajat keanggotaan data terhadap *cluster*. Perhitungan *clustering* dilakukan menggunakan *software* RStudio yang menjalankan algoritma PFCM sesuai parameter yang ditetapkan. Perhitungan matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ dibutuhkan hasil dari matriks jarak $d_{ik}$ dan $\gamma_k$. Perhitungan $d_{ik}$ menggunakan persamaan (2.10) sebagai berikut:

$$d_{11} = d(x_1, v_1) = \left[\sum_{j=1}^{7}\left(x_{1j} - v_{1j}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\left((-0{,}433) - (0{,}502)\right)^2 + \left((-0{,}485) - (0{,}542)\right)^2 + \left((-0{,}427) - (0{,}403)\right)^2 + \cdots + \left((-0{,}576) - (0{,}825)\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= [7{,}577]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 2{,}753$$

$$d_{21} = d(x_2, v_1) = \left[\sum_{j=1}^{7}\left(x_{2j} - v_{1j}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[((-0{,}452) - (0{,}502))^2 + ((-0{,}455) - (0{,}542))^2 + ((-0{,}463) - (0{,}403))^2 + \cdots + ((-0{,}667) - (0{,}825))^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= [8{,}615]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 2{,}935$$

$$d_{31} = d(x_3, v_1) = \left[\sum_{j=1}^{7}(x_{3j} - v_{1j})^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[((-0{,}076) - (0{,}502))^2 + ((-0{,}017) - (0{,}542))^2 + ((-0{,}267) - (0{,}403))^2 + \cdots + ((-0{,}277) - (0{,}825))^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= [4{,}281]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 2{,}070$$

$$d_{399,1} = d(x_{399}, v_3) = \left[\sum_{j=1}^{7}(x_{399j} - v_{3j})^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[((-0{,}603) - (0{,}502))^2 + ((-0{,}625) - (0{,}542))^2 + ((-0{,}346) - (0{,}403))^2 + \cdots + ((-0{,}261) - (0{,}825))^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= [8{,}931]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 2{,}988$$

Kemudian menghitung $\gamma_k$ menggunakan persamaan (2.21) sebagai berikut:

$$\gamma_1 = \frac{\sum_{i=1}^{399}(\mu_{i1})^2(d_{i1})^2}{\sum_{i=1}^{399}(\mu_{i1})^2}$$

$$= \frac{(0{,}054)^2(2{,}753)^2 + (0{,}008)^2(2{,}935)^2 + (0{,}201)^2(2{,}070)^2 + \cdots + (0{,}034)^2(2{,}988)^2}{(0{,}054)^2 + (0{,}008)^2 + (0{,}201)^2 + \cdots + (0{,}034)^2}$$

$$= \frac{199{,}096}{57{,}451}$$

$$= 3{,}465$$

Setelah diperoleh $d_{i1}$ dan $\gamma_1$ dapat dilakukan perhitungan matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ menggunakan persamaan (2.19) sebagai berikut:

$$t_{11} = \frac{1}{1 + \left(9\frac{(d_{11})^2}{\gamma_1}\right)^{\frac{1}{2-1}}} = \frac{1}{1 + 9\frac{(2{,}753)^2}{3{,}465}} = 0{,}048$$

$$t_{21} = \frac{1}{1 + \left(9\frac{(d_{21})^2}{\gamma_1}\right)^{\frac{1}{2-1}}} = \frac{1}{1 + 9\frac{(2{,}935)^2}{3{,}465}} = 0{,}043$$

$$t_{31} = \frac{1}{1 + \left(9\frac{(d_{31})^2}{\gamma_1}\right)^{\frac{1}{2-1}}} = \frac{1}{1 + 9\frac{(2{,}070)^2}{3{,}465}} = 0{,}083$$

$$\vdots$$

$$t_{399,1} = \frac{1}{1 + \left(9\frac{(d_{3991})^2}{\gamma_1}\right)^{\frac{1}{2-1}}} = \frac{1}{1 + 9\frac{(2{,}988)^2}{3{,}465}} = 0{,}041$$

Sehingga matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ direpresentasikan sebagai berikut:

$$\boldsymbol{T} = \begin{bmatrix} 0{,}048 & 0{,}027 & 0{,}158 \\ 0{,}043 & 0{,}026 & 0{,}550 \\ 0{,}083 & 0{,}032 & 0{,}068 \\ 0{,}049 & 0{,}027 & 0{,}415 \\ 0{,}041 & 0{,}025 & 0{,}377 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0{,}030 & 0{,}023 & 0{,}120 \\ 0{,}029 & 0{,}023 & 0{,}110 \\ 0{,}029 & 0{,}023 & 0{,}108 \\ 0{,}029 & 0{,}023 & 0{,}109 \\ 0{,}041 & 0{,}026 & 0{,}205 \end{bmatrix}$$

Matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ awal dapat dilihat pada Lampiran 9.

Setelah diperoleh matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$, dilanjutkan dengan menghitung pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$. Proses perhitungan pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ memastikan bahwa setiap *cluster* memiliki pusat yang tidak hanya bergantung pada derajat keanggotaan *probabilistic* seperti pada FCM, tetapi juga mengintegrasikan derajat keanggotaan *possibilistic*. Artinya, pusat *cluster* pada PFCM lebih mampu merepresentasikan karakteristik data yang mungkin tidak sepenuhnya terikat pada satu *cluster*, terutama ketika data tersebut mengandung *noise* atau *outlier*.

Perhitungan pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ menggunakan persamaan (2.22) sebagai berikut:

*Cluster* 1

$$v_{11} = \frac{\sum_{i=1}^{399}((\mu_{i1})^2 + 9(t_{i1})^2)x_{i1}}{\sum_{i=1}^{399}((\mu_{i1})^2 + 9(t_{i1})^2)}$$

$$= \frac{\left(((0{,}055)^2 + 9(0{,}048)^2)(-0{,}433)\right) + \left(((0{,}008)^2 + 9(0{,}043)^2)(-0{,}452)\right) + \cdots + \left(((0{,}035)^2 + 9(0{,}041)^2)(-0{,}603)\right)}{((0{,}055)^2 + 9(0{,}048)^2) + ((0{,}008)^2 + 9(0{,}043)^2) + \cdots + ((0{,}035)^2 + 9(0{,}041)^2)}$$

$$= \frac{53{,}450}{125{,}392}$$

$$= 0{,}426$$

*Cluster* 2

$$v_{21} = \frac{\sum_{i=1}^{399}((\mu_{i2})^2 + 9(t_{i2})^2)x_{i1}}{\sum_{i=1}^{399}((\mu_{i2})^2 + 9(t_{i2})^2)}$$

$$= \frac{\left(((0{,}006)^2 + 9(0{,}027)^2)(-0{,}433)\right) + \left(((0{,}001)^2 + 9(0{,}026)^2)(-0{,}452)\right) + \cdots + \left(((0{,}005)^2 + 9(0{,}026)^2)(-0{,}603)\right)}{((0{,}006)^2 + 9(0{,}027)^2) + ((0{,}001)^2 + 9(0{,}026)^2) + \cdots + ((0{,}005)^2 + 9(0{,}026)^2)}$$

$$= \frac{67{,}888}{27{,}406}$$

$$= 2{,}477$$

*Cluster* 3

$$v_{31} = \frac{\sum_{i=1}^{399}((\mu_{i3})^2 + 9(t_{i3})^2)x_{i1}}{\sum_{i=1}^{399}((\mu_{i3})^2 + 9(t_{i3})^2)}$$

$$= \frac{\left(((0{,}939)^2 + 9(0{,}158)^2)(-0{,}433)\right) + \left(((0{,}991)^2 + 9(0{,}550)^2)(-0{,}452)\right) + \cdots + \left(((0{,}961)^2 + 9(0{,}205)^2)(-0{,}603)\right)}{((0{,}939)^2 + 9(0{,}158)^2) + ((0{,}991)^2 + 9(0{,}550)^2) + \cdots + ((0{,}961)^2 + 9(0{,}205)^2)}$$

$$= \frac{-226{,}253}{507{,}571}$$

$$= -0{,}446$$

Sehingga pusat *cluster* tersebut dapat direpresentasikan dalam matriks berikut:

$$\boldsymbol{V} = \begin{bmatrix} 0{,}426 & 0{,}445 & 0{,}326 & \cdots & 0{,}762 \\ 2{,}477 & 2{,}450 & 1{,}505 & \cdots & 2{,}373 \\ -0{,}446 & -0{,}445 & -0{,}356 & \cdots & -0{,}515 \end{bmatrix}$$

Matriks pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ pada iterasi pertama dapat dilihat pada Lampiran 10.

Tahap selanjutnya yaitu menghitung fungsi objektif. Perhitungan fungsi

objektif dibutuhkan hasil dari matriks jarak $d_{ik}$ dan $\gamma_k$. Perhitungan $d_{ik}$ menggunakan persamaan (2.10) sebagai berikut:

*Cluster* 1

$$d_{11} = d(x_1, v_1) = \left[\sum_{j=1}^{7}\left(x_{1j} - v_{1j}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[((-0{,}433) - (0{,}426))^2 + ((-0{,}485) - (0{,}445))^2 + ((-0{,}427) - (0{,}326))^2 + \cdots + ((-0{,}576) - (0{,}762))^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= [6{,}537]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 2{,}557$$

$$d_{21} = d(x_2, v_1) = \left[\sum_{j=1}^{7}\left(x_{2j} - v_{1j}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[((-0{,}452) - (0{,}426))^2 + ((-0{,}455) - (0{,}445))^2 + ((-0{,}463) - (0{,}326))^2 + \cdots + ((-0{,}667) - (0{,}762))^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= [7{,}543]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 2{,}746$$

$$d_{399,1} = d(x_{399}, v_1) = \left[\sum_{j=1}^{7}\left(x_{399j} - v_{1j}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[((-0{,}603) - (0{,}426))^2 + ((-0{,}625) - (0{,}445))^2 + ((-0{,}346) - (0{,}326))^2 + \cdots + ((-0{,}261) - (0{,}762))^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= [7{,}851]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 2{,}802$$

*Cluster* 2

$$d_{12} = d(x_1, v_2) = \left[\sum_{j=1}^{7}\left(x_{1j} - v_{2j}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[((-0{,}433) - (2{,}477))^2 + ((-0{,}485) - (2{,}450))^2 + ((-0{,}427) - (1{,}505))^2 + \cdots + ((-0{,}576) - (2{,}373))^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= [47{,}259]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 6{,}875$$

$$d_{22} = d(x_2\,, v_2) = \left[\sum_{j=1}^{7}\left(x_{2j} - v_{2j}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\left((-0{,}452) - (2{,}477)\right)^2 + \left((-0{,}455) - (2{,}450)\right)^2 + \left((-0{,}463) - (1{,}505)\right)^2 + \cdots + \left((-0{,}667) - (2{,}373)\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= [48{,}201]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 6{,}943$$

$$d_{399,2} = d(x_{399}\,, v_2) = \left[\sum_{j=1}^{7}\left(x_{399j} - v_{2j}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\left((-0{,}603) - (2{,}477)\right)^2 + \left((-0{,}625) - (2{,}450)\right)^2 + \left((-0{,}346) - (1{,}505)\right)^2 + \cdots + \left((-0{,}261) - (2{,}373)\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= [48{,}489]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 6{,}963$$

*Cluster* 3

$$d_{13} = d(x_1\,, v_3) = \left[\sum_{j=1}^{7}\left(x_{1j} - v_{3j}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\left((-0{,}433) - (-0{,}446)\right)^2 + \left((-0{,}485) - (-0{,}445)\right)^2 + \left((-0{,}427) - (-0{,}356)\right)^2 + \cdots + \left((-0{,}576) - (-0{,}515)\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= [0{,}433]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0{,}658$$

$$d_{23} = d(x_2\,, v_3) = \left[\sum_{j=1}^{7}\left(x_{2j} - v_{3j}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\left((-0{,}452) - (-0{,}446)\right)^2 + \left((-0{,}455) - (-0{,}445)\right)^2 + \left((-0{,}463) - (-0{,}356)\right)^2 + \cdots + \left((-0{,}667) - (-0{,}515)\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= [0{,}057]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0{,}239$$

$$d_{399,3} = d(x_{399}, v_3) = \left[\sum_{j=1}^{7}\left(x_{399j} - v_{3j}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\left((-0{,}603) - (-0{,}446)\right)^2 + \left((-0{,}625) - (-0{,}445)\right)^2 + \left((-0{,}346) - (-0{,}356)\right)^2 + \cdots + \left((-0{,}261) - (-0{,}515)\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= [0{,}316]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0{,}562$$

Kemudian menghitung $\gamma_k$ menggunakan persamaan (2.21) sebagai berikut:

$$\gamma_1 = \frac{\sum_{i=1}^{399}(\mu_{i1})^2(d_{i1})^2}{\sum_{i=1}^{399}(\mu_{i1})^2}$$

$$= \frac{(0{,}055)^2(2{,}557)^2 + (0{,}008)^2(2{,}746)^2 + \cdots + (0{,}035)^2(2{,}802)^2}{(0{,}055)^2 + (0{,}008)^2 + \cdots + (0{,}035)^2}$$

$$= \frac{197{,}277}{7{,}846}$$

$$= 25{,}144$$

$$\gamma_3 = \frac{\sum_{i=1}^{399}(\mu_{i3})^2(d_{i3})^2}{\sum_{i=1}^{399}(\mu_{i3})^2}$$

$$= \frac{(0{,}939)^2(0{,}658)^2 + (0{,}991)^2(0{,}239)^2 + \cdots + (0{,}961)^2(0{,}562)^2}{(0{,}939)^2 + (0{,}991)^2 + \cdots + (0{,}961)^2}$$

$$= \frac{856{,}6418}{19{,}849}$$

$$= 43{,}158$$

Adapun hasil dari perhitungan fungsi objektif pada iterasi pertama menggunakan persamaan (2.18) diperoleh sebagai berikut:

$$J_{2,2(1)} = \left\{\sum_{i=1}^{399}\sum_{k=1}^{3}((\mu_{ik})^2 + 9(t_{ik})^2)(d_{ik})^2 + \sum_{k=1}^{3}\gamma_k\sum_{i=1}^{399}(1 - t_{ik})^2\right\}$$

$$= \big(((0{,}055)^2 + 9(0{,}048)^2)(2{,}557)^2 + ((0{,}006)^2 + 9(0{,}027)^2)(6{,}875)^2 + \cdots$$
$$+ ((0{,}961)^2 + 9(0{,}205)^2)(0{,}562)^2\big)$$
$$+ \big((25{,}144)(1 - 0{,}048)^2 + (25{,}144)(1 - 0{,}027)^2 + \cdots$$
$$+ (43{,}158)(1 - 0{,}205)^2\big)$$
$$= 21.334{,}015$$

Kemudian, tahap selanjutnya yaitu memperbaiki matriks partisi $\boldsymbol{U}$ yang disebut matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$. Matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ mempertimbangkan keanggotaan *probabilistic* yang harus berjumlah 1. Perbaikan matriks partisi $\boldsymbol{U}$ yang disebut matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ dihitung menggunakan persamaan (2.9) sebagai berikut:

$$\mu_{11} = \left[\sum_{z=1}^{3}\left(\frac{d_{11}}{d_{1z}}\right)^{\frac{2}{2-1}}\right]^{-1} = \frac{(2{,}557^2)^{-1}}{(2{,}557^2)^{-1} + (6{,}875^2)^{-1} + (0{,}658^2)^{-1}} = 0{,}121$$

$$\mu_{12} = \left[\sum_{z=1}^{3}\left(\frac{d_{12}}{d_{1z}}\right)^{\frac{2}{2-1}}\right]^{-1} = \frac{(6{,}875^2)^{-1}}{(2{,}557^2)^{-1} + (6{,}875^2)^{-1} + (0{,}658^2)^{-1}} = 0{,}871$$

$$\mu_{13} = \left[\sum_{z=1}^{3}\left(\frac{d_{13}}{d_{1z}}\right)^{\frac{2}{2-1}}\right]^{-1} = \frac{(1{,}176^2)^{-1}}{(2{,}557^2)^{-1} + (6{,}875^2)^{-1} + (0{,}658^2)^{-1}} = 0{,}008$$

$$\vdots$$

$$\mu_{399,3} = \left[\sum_{z=1}^{3}\left(\frac{d_{3993}}{d_{1z}}\right)^{\frac{2}{2-1}}\right]^{-1} = \frac{(0{,}562^2)^{-1}}{(2{,}802^2)^{-1} + (6{,}963^2)^{-1} + (0{,}562^2)^{-1}} = 0{,}006$$

Sehingga hasilnya dapat direpresentasikan dalam matriks $\boldsymbol{U}$ sebagai berikut:

$$\boldsymbol{U} = \begin{bmatrix} 0{,}121 & 0{,}871 & 0{,}008 \\ 0{,}135 & 0{,}864 & 0{,}001 \\ 0{,}083 & 0{,}889 & 0{,}028 \\ 0{,}123 & 0{,}875 & 0{,}002 \\ 0{,}136 & 0{,}862 & 0{,}002 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0{,}164 & 0{,}828 & 0{,}008 \\ 0{,}166 & 0{,}825 & 0{,}009 \\ 0{,}166 & 0{,}825 & 0{,}009 \\ 0{,}166 & 0{,}825 & 0{,}009 \\ 0{,}139 & 0{,}856 & 0{,}006 \end{bmatrix}$$

Perbaikan matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ pada Iterasi pertama dapat dilihat pada Lampiran 11.

Dapat dilihat pada matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ di atas untuk memastikan jumlah elemen pada baris setiap data harus berjumlah 1. Jumlah elemen pada baris setiap data dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (2.4), yaitu:

$$Q_1 = \sum_{k=1}^{3} u_{1k} = 0{,}121 + 0{,}871 + 0{,}008 = 1$$

$$Q_2 = \sum_{k=1}^{3} u_{2k} = 0{,}135 + 0{,}864 + 0{,}001 = 1$$

$$\vdots$$

$$Q_{399} = \sum_{k=1}^{3} u_{399k} = 0{,}139 + 0{,}856 + 0{,}006 = 1$$

Sehingga dapat dilihat bahwa matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ mempertimbangkan pendekatan *probabilistic* seperti FCM. Perbaikan matriks tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan pusat *cluster* yang diperoleh sebelumnya.

Selain melakukan perbaikan matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$, matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ juga dilakukan perbaikan untuk menghitung derajat keanggotaan *possibilistic* yang lebih fleksibel bagi setiap data. Hal tersebut sangat penting dalam PFCM karena matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ membantu mengurangi dampak dari data

yang memiliki *noise* atau *outlier*. Dengan perbaikan matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$, hasil *clustering* lebih *robust* dalam menghadapi *outlier*. Matriks tersebut mengurangi pengaruh dari data yang *noise*, karena data dengan jarak yang jauh dari pusat *cluster* akan memiliki derajat keanggotaan *possibilistic* yang rendah. Perbaikan matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ dibutuhkan hasil dari matriks jarak $d_{ik}$ sebelumnya dan $\gamma_k$. Kemudian menghitung $\gamma_k$ menggunakan persamaan (2.21) sebagai berikut:

$$\gamma_1 = \frac{\sum_{i=1}^{399}(\mu_{i1})^2(d_{i1})^2}{\sum_{i=1}^{399}(\mu_{i1})^2}$$

$$= \frac{(0{,}121)^2(2{,}557)^2 + (0{,}135)^2(2{,}746)^2 + \cdots + (0{,}139)^2(2{,}802)^2}{(0{,}121)^2 + (0{,}135)^2 + \cdots + (0{,}139)^2}$$

$$= \frac{197{,}277}{7{,}846}$$

$$= 25{,}144$$

Setelah itu, dapat dilakukan perhitungan matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ menggunakan persamaan (2.19) sebagai berikut:

$$t_{11} = \frac{1}{1 + \left(9\frac{(d_{11})^2}{\gamma_1}\right)^{\frac{1}{2-1}}} = \frac{1}{1 + 9\frac{(2{,}557)^2}{25{,}144}} = 0{,}299$$

$$t_{21} = \frac{1}{1 + \left(9\frac{(d_{21})^2}{\gamma_1}\right)^{\frac{1}{2-1}}} = \frac{1}{1 + 9\frac{(2{,}746)^2}{25{,}144}} = 0{,}270$$

$$\vdots$$

$$t_{399,1} = \frac{1}{1 + \left(9\frac{(d_{3991})^2}{\gamma_1}\right)^{\frac{1}{2-1}}} = \frac{1}{1 + 9\frac{(2{,}802)^2}{25{,}144}} = 0{,}262$$

Sehingga hasil perbaikan matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ dapat direpresentasikan dalam matriks sebagai berikut:

$$\boldsymbol{T} = \begin{bmatrix} 0{,}299 & 0{,}091 & 0{,}917 \\ 0{,}270 & 0{,}090 & 0{,}988 \\ 0{,}441 & 0{,}111 & 0{,}800 \\ 0{,}300 & 0{,}092 & 0{,}977 \\ 0{,}262 & 0{,}087 & 0{,}978 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0{,}198 & 0{,}077 & 0{,}898 \\ 0{,}194 & 0{,}076 & 0{,}888 \\ 0{,}193 & 0{,}076 & 0{,}886 \\ 0{,}194 & 0{,}076 & 0{,}887 \\ 0{,}262 & 0{,}089 & 0{,}938 \end{bmatrix}$$

Perbaikan matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ pada iterasi pertama dapat dilihat pada Lampiran 12.

Setelah itu, pada hasil iterasi pertama harus dilakukan cek kondisi berhenti agar mengetahui kondisi yang konvergen. Kondisi dikatakan konvergen jika $|J_{2,2(t)} - J_{2,2(t-1)}| < \varepsilon$ atau $t > MaxIter$. Cek kondisi pada iterasi pertama dengan $J_{2,2(0)} = 0$ diperoleh sebagai berikut:

$$|J_{2,2(1)} - J_{2,2(0)}| < \varepsilon$$

$$|2{,}133 \times 10^4 - 0| < 10^{-1}$$

$$2{,}133 \times 10^4 > 10^{-1}$$

Kondisi tersebut belum memenuhi syarat kekonvergenan yang diharuskan berhenti. Maka dari itu, harus dilakukan proses iteratif mulai dari menghitung pusat *cluster* sehingga dapat meminimalkan fungsi objektif. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan keakuratan pada proses *clustering* hingga mencapai hasil yang konvergen.

Berdasarkan hasil perhitungan iteratif dengan menggunakan *software* RStudio diperoleh sebanyak 12 iterasi hingga diperoleh nilai fungsi objektif $J_{2,2(12)} = 3866{,}943$. Fungsi objektif terakhir dapat dibuktikan telah memenuhi kriteria kondisi berhenti sebagai berikut:

$$|J_{2,2(12)} - J_{2,2(11)}| < \varepsilon$$

$$|3{,}866943 \times 10^{3} - 3{,}867011 \times 10^{3}| < 10^{-1}$$

$$6{,}8 \times 10^{-2} < 10^{-1}$$

Dengan demikian, hasil dari matriks partisi $\boldsymbol{U}$ yang akhir sebagai berikut:

$$\boldsymbol{U} = \begin{bmatrix} 0{,}051 & 0{,}006 & 0{,}942 \\ 0{,}009 & 0{,}001 & 0{,}990 \\ 0{,}185 & 0{,}015 & 0{,}800 \\ 0{,}014 & 0{,}002 & 0{,}984 \\ 0{,}016 & 0{,}002 & 0{,}981 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0{,}048 & 0{,}008 & 0{,}944 \\ 0{,}052 & 0{,}009 & 0{,}940 \\ 0{,}052 & 0{,}009 & 0{,}939 \\ 0{,}052 & 0{,}009 & 0{,}939 \\ 0{,}035 & 0{,}005 & 0{,}961 \end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{T} = \begin{bmatrix} 0{,}006 & 0{,}001 & 0{,}105 \\ 0{,}001 & 0{,}000 & 0{,}101 \\ 0{,}030 & 0{,}003 & 0{,}116 \\ 0{,}002 & 0{,}000 & 0{,}101 \\ 0{,}002 & 0{,}000 & 0{,}102 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0{,}006 & 0{,}001 & 0{,}105 \\ 0{,}006 & 0{,}001 & 0{,}105 \\ 0{,}007 & 0{,}001 & 0{,}106 \\ 0{,}007 & 0{,}001 & 0{,}106 \\ 0{,}004 & 0{,}001 & 0{,}104 \end{bmatrix}$$

dan matriks pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ yang akhir sebagai berikut:

$$\boldsymbol{V} = \begin{bmatrix} 0{,}540 & 0{,}579 & 0{,}442 & \cdots & 0{,}862 \\ 3{,}033 & 2{,}997 & 2{,}055 & \cdots & 2{,}834 \\ -0{,}407 & -0{,}414 & -0{,}315 & \cdots & -0{,}485 \end{bmatrix}$$

Matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ akhir dapat dilihat pada Lampiran 13, matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ akhir dapat dilihat pada Lampiran 14, dan matriks pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ akhir dapat dilihat pada Lampiran 15.

Hasil dari matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ yang akhir direpresentasikan sebagai hasil proses *clustering* menggunakan metode PFCM yaitu sebagai derajat

keanggotaan di setiap kabupaten/kota di Indonesia pada masing-masing *cluster* seperti Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Derajat Keanggotaan Kabupaten/Kota di Indonesia

| No. | Kabupaten/Kota | *Cluster* 1 | *Cluster* 2 | *Cluster* 3 | Hasil *Clustering* |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Kabupaten Aceh Selatan | 0,051 | 0,006 | 0,942 | *Cluster* 3 |
| 2. | Kabupaten Aceh Tenggara | 0,009 | 0,001 | 0,990 | *Cluster* 3 |
| 3. | Kabupaten Aceh Timur | 0,185 | 0,015 | 0,800 | *Cluster* 3 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 149. | Kabupaten Kuningan | 0,795 | 0,084 | 0,121 | *Cluster* 1 |
| 150. | Kabupaten Cirebon | 0,051 | 0,926 | 0,023 | *Cluster* 2 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 397. | Kabupaten Intan Jaya | 0,052 | 0,009 | 0,939 | *Cluster* 3 |
| 398. | Kabupaten Deiyai | 0,052 | 0,009 | 0,939 | *Cluster* 3 |
| 399. | Kota Jayapura | 0,035 | 0,005 | 0,961 | *Cluster* 3 |

Penentuan *cluster* ditentukan berdasarkan derajat keanggotaan tertinggi dari setiap kabupaten/kota, yaitu dengan melihat di *cluster* mana kabupaten tersebut memiliki nilai keanggotaan paling dominan. Sebagai ilustrasi, di wilayah Kabupaten Aceh Selatan, derajat keanggotaan tertinggi terdapat pada *cluster* 3 dengan nilai 0,942 yang menunjukkan bahwa Kabupaten Aceh Selatan cenderung masuk ke dalam *cluster* 3. Demikian pula, Kabupaten Tasikmalaya memiliki derajat keanggotaan tertinggi pada *cluster* 1 dengan nilai 0,892 yang menandakan bahwa Kabupaten Tasikmalaya terletak di *cluster* 1.

**Tabel 4.5** Rata-Rata Data Asli Setiap *Cluster*

| *Cluster* Ke- | Jumlah Ibu Hamil Menerima TTD | Jumlah Bayi Menerima IMD | Jumlah Bayi Selama 6 Bulan Menerima ASI Eksklusif | ... | Jumlah Keluarga dengan Akses Fasilitas Sanitasi Layak |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 14.216 | 12.622 | 5.986 | ... | 311.306 |
| 2 | 43.409 | 36.742 | 17.704 | ... | 680.235 |
| 3 | 3.908 | 3.070 | 1.674 | ... | 59.543 |

Hasil akhir dari matriks pusat *cluster* $\boldsymbol{V}$ pada proses PFCM dapat digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik *cluster* yang memiliki faktor penyebab *stunting* tinggi, sedang, dan rendah. Identifikasi tersebut dapat disesuaikan dengan nilai rata-rata data asli dari masing-masing variabel yang disajikan pada Tabel 4.5, sehingga memberikan gambaran yang lebih akurat tentang pola dan distribusi data dalam setiap *cluster*.

Berdasarkan Tabel 4.5, terlihat bahwa *cluster* 2 memiliki nilai rata-rata tertinggi, dengan setiap variabel yang diukur menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan *cluster* 1 dan *cluster* 3. Berdasarkan karakteristik rata-rata ini, kabupaten/kota yang termasuk dalam *cluster* 2 dapat dikategorikan sebagai wilayah dengan faktor penyebab *stunting* yang rendah. Nilai rata-rata tertinggi pada *cluster* 2 yaitu pada variabel jumlah keluarga dengan fasilitas akses sanitasi layak sebesar 680.235, dan nilai rata-rata terendah yaitu pada variabel jumlah bayi berat badan lahir rendah sebesar 850. C*luster* 2 juga memiliki nilai rata-rata pada variabel jumlah ibu hamil yang menerima TTD sebesar 43.409, variabel jumlah bayi menerima inisiasi menyusui dini yang tinggi sebesar 36.742, variabel jumlah bayi menerima ASI eksklusif sebesar 17.704, variabel jumlah bayi menerima vitamin A sebesar 37.361, variabel jumlah bayi menerima imunisasi dasar lengkap sebesar 43.625. Hal tersebut menandakan bahwa *cluster* 2 memiliki pelayanan kesehatan ibu dan bayi yang optimal dikarenakan memiliki nilai tertinggi dari *cluster* lain pada variabel tersebut. Tidak hanya terkait pelayanan kesehatan ibu dan bayi, *cluster* 2 memiliki nilai rata-rata tertinggi pada variabel jumlah keluarga dengan fasilitas akses sanitasi layak, menunjukkan bahwa kondisi sanitasi di wilayah *cluster* 2 baik dan memadai. Selain itu, *cluster* 2 juga menunjukkan bahwa jumlah bayi berat

badan lahir rendah memiliki nilai yang minimum daripada variabel lain. Sehingga *cluster* 2 dikategorikan sebagai wilayah dengan prevalensi balita *stunting* rendah.

*Cluster* 3 tergolong sebagai *cluster* dengan faktor penyebab *stunting* yang berada pada kategori tinggi. Hal tersebut dikarenakan *cluster* 3 memiliki nilai rata-rata terendah, dengan setiap variabel yang diukur menunjukkan hasil yang paling rendah dibandingkan *cluster* 1 dan *cluster* 2. Nilai rata-rata tertinggi pada *cluster* 3 yaitu pada variabel jumlah keluarga dengan fasilitas akses sanitasi layak sebesar 59.543, dan nilai rata-rata terendah yaitu pada variabel jumlah bayi berat badan lahir rendah sebesar 135. C*luster* 3 juga memiliki nilai rata-rata rendah pada variabel jumlah ibu hamil yang menerima TTD sebesar 3.908, variabel jumlah bayi menerima inisiasi menyusui dini sebesar 3.070, variabel jumlah bayi menerima ASI eksklusif sebesar 1.674, variabel jumlah bayi menerima vitamin A sebesar 3.094, variabel jumlah bayi menerima imunisasi dasar lengkap sebesar 3961. Hal tersebut menandakan bahwa *cluster* 3 memiliki pelayanan kesehatan ibu dan bayi yang kurang optimal dikarenakan memiliki nilai terendah dari *cluster* lain pada variabel tersebut. Selain itu, *cluster* 3 juga menunjukkan bahwa kondisi sanitasi di wilayah *cluster* 3 kurang memadai. Sehingga *cluster* 3 dikategorikan sebagai wilayah dengan prevalensi balita *stunting* rendah.

*Cluster* 1 tergolong sebagai *cluster* dengan faktor penyebab *stunting* yang berada pada kategori sedang berdasarkan karakteristik rata-rata setiap *cluster*. Nilai rata-rata tertinggi pada *cluster* 3 yaitu pada variabel jumlah keluarga dengan fasilitas akses sanitasi layak sebesar 311.3006, dan nilai rata-rata terendah yaitu pada variabel jumlah bayi berat badan lahir rendah sebesar 631. C*luster* 1 juga memiliki nilai rata-rata sedang daripada *cluster* lain pada variabel jumlah ibu hamil

yang menerima TTD sebesar 14.216, variabel jumlah bayi menerima inisiasi menyusui dini sebesar 12.623, variabel jumlah bayi menerima ASI eksklusif sebesar 5.986, variabel jumlah bayi menerima vitamin A sebesar 10.929, variabel jumlah bayi menerima imunisasi dasar lengkap sebesar 15.997. Hal tersebut menandakan bahwa *cluster* 1 memiliki pelayanan kesehatan ibu dan bayi yang masih kurang optimal tetapi sudah lebih baik daripada *cluster* 3 dikarenakan memiliki nilai yang sedang diantara *cluster* 2 dan *cluster* 3 pada variabel tersebut. Selain itu, *cluster* 1 juga menunjukkan kondisi sanitasi di wilayah tersebut sudah cukup memadai, meskipun masih terdapat ruang untuk peningkatan agar lebih optimal. Sehingga *cluster* 1 dikategorikan sebagai wilayah dengan prevalensi balita *stunting* sedang.

### 4.6 Hasil Validitas *Modified Partition Coefficient* (MPC)

Evaluasi terkait ketepatan hasil *clustering Possibilistic Fuzzy C-Means* pada prevalensi balita *stunting* ditentukan menggunakan *Modified Partition Coefficient* (MPC). Perhitungan MPC dibutuhkan hasil dari perhitungan PC terlebih dahulu. Perhitungan PC menggunakan persamaan (2.25) sebagai berikut:

$$PC = \frac{1}{36}\sum_{k=1}^{3}\sum_{i=1}^{399}(\mu_{ik})^2 = \frac{1}{36}\left(0{,}051^2 + 0{,}006^2 + 0{,}942^2 + \cdots + 0{,}961^2\right) = 0{,}802$$

Kemudian validitas MPC dihitung menggunakan persamaan (2.24) sebagai berikut:

$$MPC = 1 - \frac{3}{3-1}(1 - 0{,}802) = 0{,}704$$

Hasil validitas MPC menunjukkan nilai akurasi yang signifikan, yaitu sebesar 0,704. Nilai ini menunjukkan bahwa hasil *clustering* yang digunakan memiliki tingkat presisi yang baik dalam mengelompokkan data. Sehingga memberikan

gambaran yang lebih jelas mengenai *clustering* kabupaten/kota di Indonesia yang memiliki tingkat *stunting* tinggi, sedang, dan juga rendah.

Selain itu, nilai MPC yang cukup tinggi ini menunjukkan bahwa distribusi anggota *cluster* dengan kriteria baik sesuai dengan kriteria pada Tabel 2.1. Hal ini memberikan gambaran bahwa hasil *clustering* sudah baik untuk menjadi analisis lebih lanjut dalam upaya penanganan *stunting* di Indonesia. Dengan hasil yang mendekati optimal tersebut, diharapkan analisis yang dilakukan dapat memberikan wawasan yang lebih dalam mengenai pola prevalensi *stunting*.

## 4.7 Interpretasi Hasil *Clustering*

Berdasarkan hasil *clustering*, diperoleh pengelompokan kabupaten/kota di Indonesia masing-masing kategori pada Tabel 4.12.

**Tabel 4.6** Hasil *Clustering*

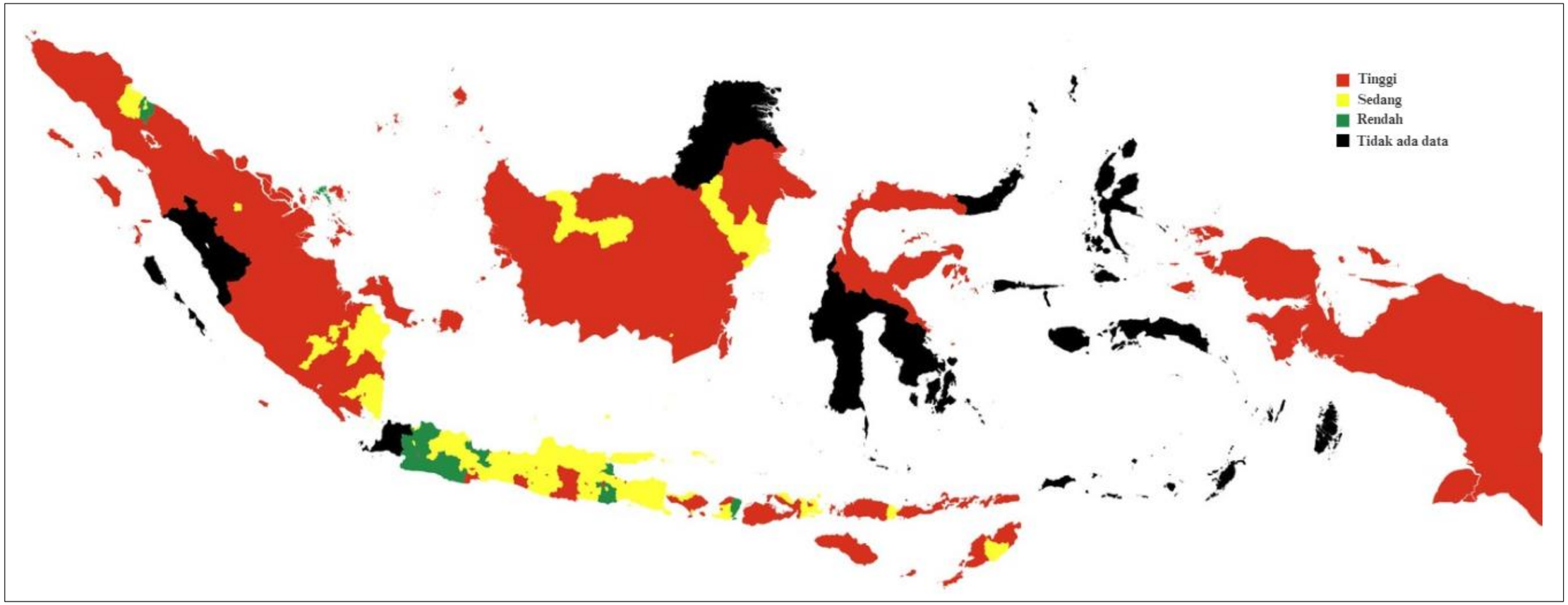
| Kategori | Kabupaten/Kota |
|---|---|
| Rendah | Deli Serdang, Kota Batam, Kota Jakarta Barat, Kota Jakarta Selatan, Kota Jakarta Timur, Bogor, Sukabumi, Cianjur, Bandung, Garut, Tasikmalaya, Cirebon, Karawang, Bekasi, Kota Bandung, Kota Bekasi, Kota Depok, Brebes, Malang, Sidoarjo, Kota Surabaya, Lombok Timur. |
| Sedang | Langkat, Kota Medan, Kota Pekanbaru, Ogan Komering Ilir, Muara Enim, Kota Palembang, Lampung Selatan, Lampung Timur, Lampung Tengah, Kota Bandar Lampung, Kota Jakarta Pusat, Kota Jakarta Utara, Ciamis, Kuningan, Majalengka, Sumedang, Indramayu, Subang, Purwakarta, Bandung Barat, Kota Bogor, Kota Tasikmalaya, Cilacap, Banyumas, Purbalingga, Banjarnegara, Kebumen, Wonosobo, Magelang, Boyolali, Klaten, Sukoharjo, Wonogiri, Karanganyar, Sragen, Grobogan, Blora, Rembang, Pati, Kudus, Jepara, Demak, Semarang, Temanggung, Kendal, Batang, Pekalongan, Pemalang, Tegal, Kota Semarang, Bantul, Gunung Kidul, Sleman, Tulungagung, Blitar, Kediri, Lumajang, Jember, Banyuwangi, Bondowoso, Situbondo, Probolinggo, Pasuruan, Lampung Tengah, Kota Bandar Lampung, Kota Jakarta Pusat, Kota Jakarta Utara, Ciamis, Kuningan, Majalengka, Sumedang, Indramayu, Subang, Purwakarta, Bandung Barat, Kota Bogor, Kota Tasikmalaya, Cilacap, Banyumas, Purbalingga, Banjarnegara, Kebumen, Wonosobo, Magelang, Boyolali, Klaten, Sukoharjo, |

| Kategori | Kabupaten/Kota |
|---|---|
| | Indramayu, Subang, Purwakarta, Bandung Barat, Kota Bogor, Kota Tasikmalaya, Cilacap, Banyumas, Purbalingga, Banjarnegara, Kebumen, Wonosobo, Magelang, Boyolali, Klaten, Sukoharjo, Wonogiri, Karanganyar, Sragen, Grobogan, Blora, Rembang, Pati, Kudus, Jepara, Demak, Semarang, Temanggung, Kendal, Batang, Pekalongan, Pemalang, Tegal, Kota Semarang, Bantul, Gunung Kidul, Sleman, Tulungagung, Blitar, Kediri, Lumajang, Jember, Banyuwangi, Bondowoso, Situbondo, Probolinggo, Pasuruan, Mojokerto, Jombang, Nganjuk, Bojonegoro, Tuban, Lamongan, Gresik, Bangkalan, Sampang, Pamekasan, Sumenep, Kota Malang, Buleleng, Kota Denpasar, Lombok Barat, Lombok Tengah, Bima, Timor Tengah Selatan, Nagekeo, Sintang, Kota Banjarmasin, Kutai Kartanegara, Kota Balikpapan, Kota Samarinda. |
| Tinggi | Aceh Selatan, Aceh Tenggara, Aceh Timur, Aceh Tengah, Aceh Barat, Aceh Besar, Pidie, Aceh Utara, Simeulue, Aceh Singkil, Bireuen, Aceh Barat Daya, Gayo Lues, Aceh Jaya, Nagan Raya, Aceh Tamiang, Bener Meriah, Pidie Jaya, Kota Banda Aceh, Kota Sabang, Lhokseumawe, Langsa, Subulussalam, Tapanuli Tengah, Tapanuli Utara, Tapanuli Selatan, Nias, Karo, Simalungun, Asahan, Labuhanbatu, Dairi, Toba, Mandailing Natal, Nias Selatan, Pakpak Bharat, Humbang Hasundutan, Samosir, Serdang Bedagai, Batu Bara, Padang Lawas Utara, Padang Lawas, Labuhanbatu Selatan, Labuhanbatu Utara, Nias Utara, Nias Barat, Kota Pematangsiantar, Kota Sibolga, Kota Tanjung Balai, Kota Binjai, Kota Tebing Tinggi, Kota Padangsidimpuan, Kota Gunung Sitoli, Kuantan Singingi, Indragiri Hulu, Indragiri Hilir, Pelalawan, Siak, Kampar, Rokan Hulu, Bengkalis, Rokan Hilir, Meranti, Kota Dumai, Kerinci, Merangin, Sarolangun, Batanghari, Muaro Jambi, Tanjung Jabung Timur, Tanjung Jabung Barat, Tebo, Bungo, Kota Jambi, Kota Sungai Penuh, Ogan Komering Ulu, Lahat, Musi Rawas, Musi Banyuasin, Banyuasin, Ogan Komering Ulu Selatan, Ogan Komering, Ulu Timur, Ogan Ilir, Empat Lawang, Penukal Abab Lematang Ilir, Musi Rawas Utara, Kota Prabumulih, Kota Pagar Alam, Kota Lubuk Linggau, Bengkulu Selatan, Rejang Lebong, Bengkulu Utara, Kaur, Seluma, Mukomuko, Lebong, Kepahiang, Bengkulu Tengah, Kota Bengkulu, Lampung Barat, Tanggamus, Lampung Utara, Way Kanan, Tulangbawang, Pesawaran, Pringsewu, Mesuji, Tulang Bawang Barat, Pesisir Barat, Kota Metro, Bangka, Belitung, Bangka Barat, Bangka Tengah, Bangka Selatan, Belitung Timur, Kota Pangkalpinang, Karimun, Bintan, Natuna, Lingga, Kepulauan Anambas, Kota Tanjungpinang, Kepulauan Seribu, Pangandaran, Kota Sukabumi, Kota Cirebon, Kota Cimahi, Kota Banjar, Purworejo, Kota Magelang, Kota Surakarta, Kota Salatiga, Kota Pekalongan, Kota Tegal, Kulon Progo, Kota Yogyakarta, Pacitan, Ponorogo, Trenggalek, Madiun, Magetan, Ngawi, Kota Kediri, Kota Blitar, Kota Probolinggo, Kota Pasuruan, Kota Mojokerto, Kota Madiun, Kota Batu, Jembrana, Tabanan, Badung, |

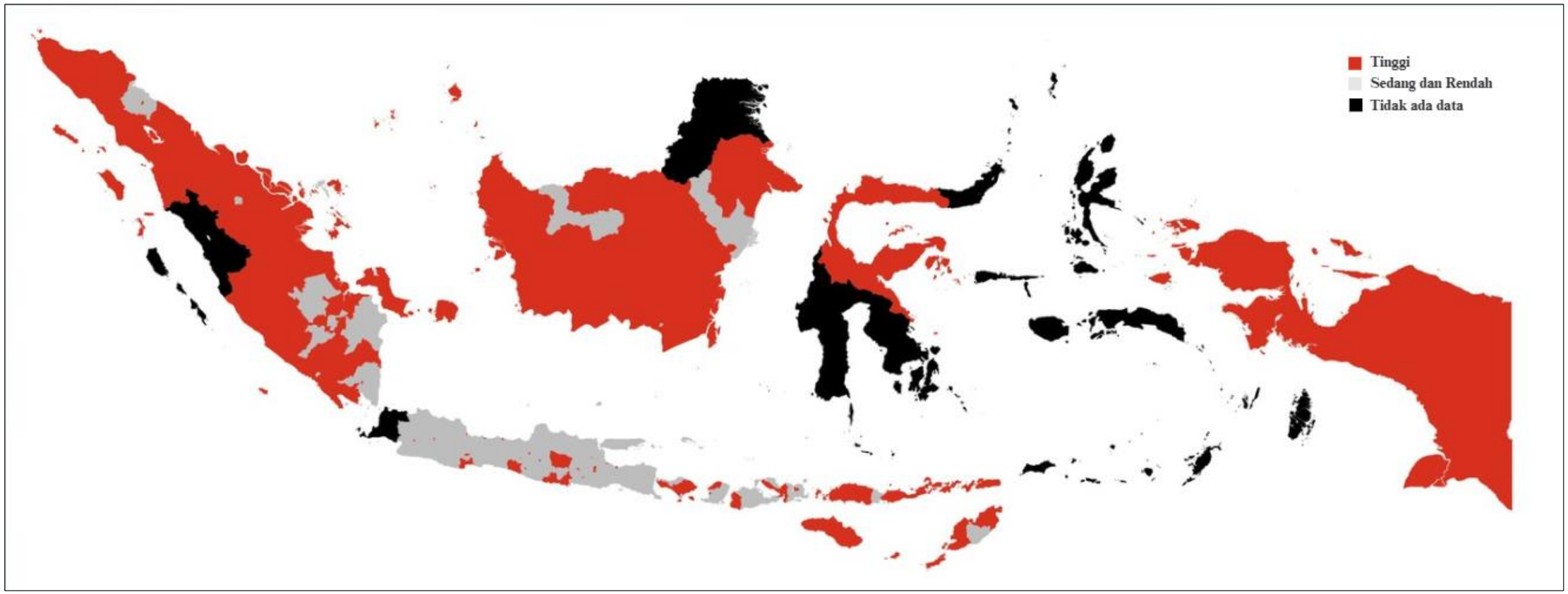
| Kategori | Kabupaten/Kota |
|---|---|
| | Gianyar, Klungkung, Bangli, Karangasem, Sumbawa, Dompu, Sumbawa, Barat, Lombok Utara, Kota Mataram, Kota Bima, Kota Kupang, Kupang, Timor Tengah Utara, Belu, Malaka, Alor, Lembata, Flores Timur, Sikka, Ende, Ngada, Manggarai Timur, Manggarai, Manggarai Barat, Sumba Timur, Sumba Tengah, Sumba Barat, Sumba Barat Daya, Rote Ndao, Sabu Raijua, Sambas, Bengkayang, Landak, Mempawah, Sanggau, Ketapang, Kapuas Hulu, Sekadau, Melawi, Kayong Utara, Kubu Raya, Kota Pontianak, Kota Singkawang, Kotawaringin Barat, Kotawaringin Timur, Kapuas, Barito Selatan, Barito Utara, Sukamara, Lamandau, Seruyan, Katingan, Pulang Pisau, Gunung Mas, Barito Timur, Murung Raya, Kota Palangka Raya, Tanah Laut, Kota Baru, Banjar, Barito Kuala, Tapin, Hulu Sungai Selatan, Hulu Sungai Tengah, Hulu Sungai Utara, Tabalong, Tanah Bumbu, Balangan, Kota Banjar Baru, Paser, Kutai Barat, Kutai Timur, Berau, Penajam Paser Utara, Mahakam Hulu, Kota Bontang, Banggai Kepulauan, Banggai, Morowali, Poso, Donggala, Toli-Toli, Buol, Parigi Moutong, Tojo Una-Una, Sigi, Banggai Laut, Morowali Utara, Kota Palu, Boalemo, Gorontalo, Pahuwato, Bone Bolango, Gorontalo Utara, Kota Gorontalo, Fakfak, Kaimana, Teluk Wondama, Teluk Bintuni, Manokwari, Sorong Selatan, Sorong, Raja Ampat, Tambrauw, Maybrat, Manokwari Selatan, Pegunungan Arfak, Kota Sorong, Merauke, Jayawijaya, Jayapura, Nabire, Kepulauan Yapen, Biak Numfor, Paniai, Puncak Jaya, Mimika, Boven Digoel, Mappi, Asmat, Yahukimo, Pegunungan Bintang, Talikora, Sarmi, Keerom, Waropen, Supiori, Mamberamo Raya, Nduga, Lanny Jaya, Mamberamo Tengah, Yalimo, Puncak, Dogiyai, Intan Jaya, Deiyai, Kota Jayapura. |

Pada Tabel 4.6 terdapat 22 kabupaten/kota dengan kategori rendah dengan rincian 14 kabupaten dan 8 kota. Kategori sedang terdapat 87 kabupaten/kota dengan rincian 75 kabupaten dan 12 kota. Sedangkan untuk kategori tinggi terdapat 290 kabupaten/kota dengan rincian 178 kabupaten dan 112 kota. Hal ini menandakan bahwa prevalensi *stunting* di Indonesia masih tinggi dengan ditandainya jumlah *cluster* 3 lebih banyak daripada *cluster* 2 dan *cluster* 1. Masih terdapat 290 kabupaten/kota yang harus lebih diperhatikan oleh pemerintah agar prevalensi *stunting* semakin turun dan dapat memenuhi target penurunan setiap tahunnya.

Berdasarkan sebaran kabupaten/kota pada hasil *clustering* di atas, wilayah yang terdeteksi sebagai *outlier* dan diindikasikan masuk dalam *cluster* kategori rendah sudah sesuai. Wilayah-wilayah tersebut, yaitu Kabupaten Bogor, Kabupaten Sukabumi, dan Kabupaten Bandung. Kabupaten tersebut memiliki distribusi yang tinggi, dengan nilai paling tinggi terdapat pada variabel jumlah akses fasilitas sanitasi yang layak. Seperti yang tercantum pada *website* resmi Pemerintah Kabupaten Bogor, pada tahun 2022 pemerintah Bogor bekerja sama dengan USAID (*United States Agency for International Development*), yaitu Badan Pembangunan Internasional Amerika Serikat (Pemerintah Kabupaten Bogor, 2024). Terdapat tujuh program yang dapat dilaksanakan secara kolaboratif, seperti peningkatan akses terhadap air minum, pembangunan dan rehabilitasi infrastruktur air bersih, serta penyediaan sumber air alternatif. Selain itu, program ini juga berfokus pada peningkatan akses sanitasi melalui pembangunan dan rehabilitasi fasilitas sanitasi, serta promosi perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) untuk mendukung kualitas hidup masyarakat (Pemerintah Kabupaten Bogor, 2024).




**Gambar 4.2** Sebaran Prevalensi Balita *Stunting* Kabupaten/Kota di Indonesia




**Gambar 4.3** Sebaran Kabupaten/Kota *Cluster* Kategori Tinggi

Berdasarkan peta hasil *clustering* prevalensi balita di Indonesia pada Gambar 4.2, terlihat bahwa sebaran *cluster* terbanyak adalah berwarna merah, yaitu tingkat *stunting* tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa keadaan *stunting* Indonesia sangat tinggi. Warna kuning menunjukkan sebaran *cluster* dengan tingkat *stunting* sedang. Sedangkan warna hijau menunjukkan sebaran *cluster* dengan tingkat *stunting* rendah. Selain itu, terdapat sebaran *cluster* berwarna hitam, yaitu kabupaten/kota yang tidak memiliki data yang terpublikasi terkait faktor penyebab *stunting*.

Sebaran yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 merupakan daerah sebaran kabupaten/kota yang berada pada *cluster* 3 di Indonesia berdasarkan hasil *clustering* dengan faktor penyebab *stunting* kategori tinggi. Berdasarkan dari hasil tersebut, *cluster* 3 didominasi oleh 9 provinsi, yaitu Provinsi aceh, Provinsi Jambi, Provinsi Bengkulu, Provinsi Kepulauan Bangka, Provinsi Kalimantan Tengah, Provinsi Sulawesi Tengah, Provinsi Gorontalo, Provinsi Papua Barat, dan Provinsi Papua.

**Tabel 4.7** Provinsi dengan *Cluster* 3 Terbanyak

| **No.** | **Provinsi** | **Jumlah Kab/Kota** | **Jumlah Kab/Kota *Cluster* 3** |
|---|---|---|---|
| 1. | Aceh | 23 | 23 |
| 2. | Jambi | 11 | 11 |
| 3. | Bengkulu | 10 | 10 |
| 4. | Kepulauan Bangka | 7 | 7 |
| 5. | Kalimantan Tengah | 14 | 14 |
| 6. | Sulawesi Tengah | 13 | 13 |
| 7. | Gorontalo | 6 | 6 |
| 8. | Papua Barat | 13 | 13 |
| 9. | Papua | 29 | 29 |

Berdasarkan permasalahan daerah yang tercantum pada Tabel 4.7, terdapat beberapa faktor utama yang menjadi penyebab tingginya angka *stunting* di berbagai provinsi. Di Provinsi Aceh, seluruh kabupaten/kota masuk dalam kategori *cluster*

dengan prevalensi *stunting* tinggi, termasuk Kabupaten Gayo Lues. Faktor-faktor penyebab *stunting* di Kabupaten Gayo Lues diungkapkan oleh Kepala Dinas Kabupaten Gayo Lues melalui rapat koordinasi bersama mitra kerja percepatan penurunan *stunting*, sebagaimana tercatat dalam *website* Pemerintah Kabupaten Gayo Lues (2022). Faktor penyebabnya yaitu rendahnya pemberian ASI eksklusif. Hal tersebut sesuai dengan nilai rata-rata variabel pada *cluster* 3 yang menunjukkan jumlah bayi menerima ASI eksklusif berada pada tingkat yang rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa Kabupaten Gayo Lues memiliki keterbatasan dalam praktik pemberian ASI eksklusif, yang dapat menjadi salah satu penyebab tingginya prevalensi *stunting* di wilayah tersebut. Situasi ini menegaskan pentingnya intervensi yang lebih efektif dan upaya edukasi bagi orang tua serta masyarakat mengenai praktik pengasuhan yang baik untuk mendukung kesehatan serta pertumbuhan anak secara optimal.

Pada Provinsi Jambi, seluruh kabupaten/kota masuk dalam kategori *cluster* dengan prevalensi *stunting* tinggi, termasuk Kota Jambi. Salah satu permasalahan di Puskesmas Putri Ayu Kota Jambi tercatat adanya 176 kasus anemia pada ibu hamil (Sulastri dkk., 2023). Kasus anemia ini menjadi salah satu permasalahan utama yang perlu diperhatikan karena berkaitan erat dengan kecukupan asupan zat besi pada ibu hamil. Hal tersebut sesuai dengan nilai rata-rata variabel pada *cluster* 3 yang menunjukkan jumlah ibu hamil pemerima TTD berada pada tingkat yang rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa Kota Jambi memiliki keterbatasan dalam distribusi TTD pada ibu hamil, yang dapat menjadi salah satu penyebab tingginya prevalensi *stunting* di wilayah tersebut.

Pada Provinsi Sulawesi Tengah, seluruh kabupaten/kota masuk dalam

kategori *cluster* dengan prevalensi *stunting* tinggi, termasuk Kota Palu. Salah satu permasalahan yang dihadapi dalam penanganan *stunting* adalah rendahnya partisipasi masyarakat, terutama orang tua balita, dalam menghadiri kegiatan posyandu. Menurut Badan Kependudukan dan Keluarga Berencana Nasional (BKKBN) pada tahun 2022, kurangnya keterlibatan ini menyebabkan banyak orang tua melewatkan kegiatan penting seperti penimbangan balita, pemberian imunisasi lengkap, dan penyuluhan kesehatan yang diadakan di posyandu. Akibatnya balita yang tidak mendapatkan imunisasi dasar lengkap, sehingga memperburuk upaya penurunan angka *stunting* di Kota Palu.

Pada Provinsi Papua Barat tahun 2022, seluruh kabupaten/kota masuk dalam kategori *cluster* dengan prevalensi *stunting* tinggi, termasuk Kabupaten Pegunungan Arfak. Permasalahan *stunting* masih menjadi tantangan besar akibat minimnya akses dan kualitas pelayanan kesehatan. Menurut Menteri Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan (2023), Muhadjir Effendy, cakupan bayi yang mendapatkan imunisasi dasar lengkap masih rendah. Selain itu, keterbatasan sarana dan prasarana air bersih yang layak juga berperan dalam menurunkan kualitas kesehatan masyarakat, khususnya anak-anak. Permasalahan lain yang turut berkontribusi adalah masih adanya balita yang tidak mendapatkan makanan tambahan, yang berakibat pada kurangnya asupan gizi yang penting bagi tumbuh kembang pada bayi.

Pada Provinsi Papua di tahun 2022, seluruh kabupaten/kota masuk dalam kategori *cluster* dengan prevalensi *stunting* tinggi, termasuk Kota Jayapura. Tantangan besar dalam penanganan *stunting* terkait dengan minimnya pasokan makanan bergizi bagi ibu hamil dan anak-anak dalam periode 1.000 hari pertama

kehidupan. Menurut Kepala Dinas Kesehatan Provinsi Papua (2023), Robby Kayame, Kota Jayapura mengalami penurunan angka *stunting*. Meskipun begitu, harus dilakukan penanganan yang optimal hingga memenuhi target angka *stunting* yang rendah. Faktor yang menyebabkan yaitu rendahnya kesadaran mengenai pola asuh yang baik, terutama terkait pemberian ASI Eksklusif. Selain itu, ketersediaan bahan makanan yang terbatas dan kurangnya pengetahuan ibu tentang gizi menyebabkan banyak anak tidak mendapatkan asupan nutrisi yang mencukupi. Keterbatasan akses warga terhadap air bersih juga menjadi faktor penyebab, di mana banyak keluarga harus bergantung pada air hujan untuk memenuhi kebutuhan harian mereka, termasuk untuk konsumsi.

## 4.8 Kajian Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode *Possibilistic Fuzzy C-Means* (PFCM), salah satu variabel yang memiliki nilai rendah pada *cluster* dengan kategori tinggi adalah pemberian ASI eksklusif. ASI eksklusif sangat penting karena memberikan nutrisi optimal bagi pertumbuhan dan perkembangan anak, terutama pada 6 bulan pertama kehidupan. Hal ini selaras dengan ajaran dalam Al-Qur'an, khususnya QS. Al-Baqarah ayat 233.

Ayat tersebut menekankan pentingnya menyusui sebagai sumber nutrisi utama bagi bayi. ASI menyediakan kebutuhan fisik dan nutrisi, serta mendukung sistem kekebalan tubuh yang kuat. Selain itu dapat mencegah berbagai penyakit yang dapat memicu *stunting*. Anjuran menyusui selama dua tahun memperlihatkan betapa pentingnya masa awal kehidupan anak dalam menentukan kesehatan dan perkembangan jangka panjang.

Dalam konteks kesehatan modern, pemberian ASI eksklusif sejalan dengan rekomendasi medis untuk mencegah *stunting*, yang merupakan masalah kesehatan signifikan di Indonesia. Oleh karena itu, berdasarkan hasil penelitian ini, ASI eksklusif menjadi salah satu variabel dengan nilai tinggi pada *cluster* kategori tinggi dalam *clustering* prevalensi balita *stunting*. Hal tersebut sesuai dengan tuntunan Islam yang menganjurkan pemberian nutrisi terbaik melalui ASI eksklusif.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Possibilistic Fuzzy C-Means* (PFCM) mampu melakukan *clustering* prevalensi *stunting* dengan baik. Dengan adanya informasi ini, intervensi yang lebih efektif dapat dilakukan untuk menurunkan angka *stunting*. Kemampuan PFCM dalam melakukan *clustering* pada variabel seperti ASI eksklusif dapat membantu pemerintah dan lembaga kesehatan dalam merumuskan kebijakan yang tepat. Hal ini tentunya membawa manfaat besar bagi masyarakat, karena melalui upaya pencegahan stunting yang lebih terfokus, generasi mendatang dapat tumbuh lebih sehat dan produktif. Penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk menekan angka *stunting* di Indonesia, sesuai dengan semangat Islam yang mengedepankan pentingnya menjaga kesehatan melalui pemberian nutrisi yang baik dan mencukupi.

# BAB V

# PENUTUP

## 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan pembahasan pada penelitian ini maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil *clustering* metode *Possibilistic Fuzzy C-Means* (PFCM) pada prevalensi balita *stunting* menggunakan nilai parameter yang optimal yaitu pangkat pembobot untuk FCM $(m) = 2$, pangkat pembobot untuk PCM $(\eta) = 2$, koefisien $K = 1$, koefisien pembobot untuk matriks kekhasan relatif $\boldsymbol{U}$ $(a) = 1$, dan koefisien pembobot untuk matriks kekhasan absolut $\boldsymbol{T}$ $(b) = 9$. Pada hasil *clustering* diperoleh 22 kabupaten/kota dengan kategori rendah dengan rincian 14 kabupaten dan 8 kota. Kategori sedang terdapat 87 kabupaten/kota dengan rincian 75 kabupaten dan 12 kota. Sedangkan untuk kategori tinggi terdapat 290 kabupaten/kota dengan rincian 178 kabupaten dan 112 kota.
2. Tingkat akurasi pada hasil *clustering* prevalensi balita *stunting* menggunakan metode *Modified Partition Coefficient* (MPC) pada 399 kabupeten/kota di Indonesia diperoleh 0,704. Tingkat akurasi tersebut menunjukkan bahwa model *clustering* ini sudah mendekati nilai optimal, termasuk dalam kriteria baik. Hasil tersebut menyimpulkan bahwa metode PFCM mampu melakukan *clustering* dengan baik dan memberikan gambaran bahwa hasil *clustering* dapat diandalkan untuk analisis lebih lanjut dalam upaya penanganan *stunting* di Indonesia.

## 5.2 Saran untuk Penelitian Lanjutan

Sebagai bentuk upaya dalam pengembangan serta penyempurnaan secara berkelanjutan, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode *clustering* yang berbeda sehingga dapat dibandingkan tingkat akurasi antara metode *clustering* yang digunakan.
2. Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan metode validitas *fuzzy clustering* yang berbeda sehingga dapat dibandingkan tingkat akurasi yang lebih optimal.
3. Pada penelitian selanjutnya, disarankan dapat menggunakan faktor penyebab *stunting* yang berbeda, sehingga diharapkan dapat memiliki tingkat akurasi yang lebih baik.

# DAFTAR PUSTAKA


Amaliya, L. R., Rahim, A., & Septiani, A. (2022). Comparison of Fuzzy C-Means, Fuzzy Possibilistic C-Means, and Possibilistic Fuzzy C-Means Algorithms on the Distribution of Contraceptive Users in NTB Province. *International Seminar of Science and Technology*, 37–52.

Apsari, G. R., Pradana, M. S., & Chandra, N. E. (2020). Implementasi Fuzzy C-Means dan Possibilistik C-Means Pada Data Performance Mahasiswa. *Unisda Journal of Mathematics and Computer Science (UJMC)*, *6*(2), 39–48. https://doi.org/10.52166/ujmc.v6i2.2392

Arikunto, S. (2006). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik* (Edisi Revisi VI). PT Rineka Cipta.

Bezdek, J. C. (1974). Numerical taxonomy with fuzzy sets. *Journal of Mathematical Biology*, *1*, 57–71. https://doi.org/10.1007/BF02339490

Bezdek, J. C. (1981). Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms. In *Plenum Press*.

Dave, R. N. (1996). Validating fuzzy partitions obtained through c-shells clustering. In *Pattern Recognition Letters* (Vol. 17).

Dinas Kesehatan Provinsi Papua. (2023, October 5). *2.769 Anak Balita di Papua Alami Stunting*.

Everitt, B. S., Landau, S., Leese, M., & Stahl, D. (2011). Cluster analysis. In *John Wiley and Sons* (Vol. 5th). https://doi.org/10.1007/BF00154794

Fadilah, A., P, M. N., Lumbanbatu, S., & Defiyanti, S. (2022). *Pengelompokan kabupaten/kota di indonesia berdasarkan faktor penyebab stunting pada balita menggunakan algoritma k-means*. *6*(2), 223–230.

Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). Data Mining: Concepts, Models, Methods, and Algorithms. In *Elsevier*.

Jain, A. K., Murty, M. N., & Flynn, P. J. (1999). Data clustering: A review. *ACM Computing Surveys*, *31*(3), 264–323. https://doi.org/10.1145/331499.331504

Kalist, V., Ganesan, P., Sathish, B. S., Jenitha, J. M. M., & Basha.shaik, K. (2015). Possiblistic-Fuzzy C-Means Clustering Approach for the Segmentation of Satellite Images in HSL Color Space. *Procedia Computer Science*, *57*, 49–56. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.364

Kemenag. (2024a). *Qur'an Kemenag*. Https://Quran.Kemenag.Go.Id/Surah/2/168 (Diakses 23 May 2024).

Kemenag. (2024b). *Qur'an Kemenag*. Https://Quran.Kemenag.Go.Id/Surah/2/233 (Diakses 6 Juni 2024).

Kemenkes. (2022). *Petunjuk Teknis Profil Kesehatan Kabupaten/Kota Indonesia 2022*.

Kemenkes RI. (2022). Hasil Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2022. *Kemenkes*, 1–150.

Kemenko PMK. (2023, March 22). *Stunting Naik dan Kemiskinan Ekstrem Turun di Papua Barat*.

Kumari, N., Sharma, B., & Gaur, D. (2012). *Implementation of Possibilistic Fuzzy C-Means Clustering Algorithm in Matlab*. *3*(11).

Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A., & Wardoyo, R. (2006). *Fuzzy Multi Atribute Decision Making (FMADM)*. Graha Ilmu.

Mashfuufah, S., & Istiawan, D. (2018). Penerapan Partition Entropy Index, Partition Coefficient Index, dan Xie Beni Index untuk Pnentuan Jumlah Klaster Optimal pada Algoritma Fuzzy C-Means dalam Pemetaan Tingkat Kesejahteraan Penduduk Jawa Tengah. *University Research Colloqium*.

Muslim, M. A., Prasetiyo, B., M, E. L. H., H, A. J., Mirqotussa'adah, R, S. H., & Nurzahputra, A. (2019). Data Mining Algoritma C4.5. In *Jurnal Sains dan Seni ITS*.

Nabila, G., Putri, S., Ispriyanti, D., & Widiharih, T. (2022). Implementasi Algoritma Fuzzy C-Means Dan Fuzzy Possibilistics C-Means Untuk Klasterisasi Data Tweets Pada Akun Twitter Tokopedia. *Jurnal Gaussian*, *11*(1). https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/gaussian/

Nida, K., Hayati, M. N., & Goejantoro, R. (2024). Implementasi Metode Fuzzy Possibilistic C-Means pada Pengelompokan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Data Jumlah Kejadian dan Dampak Bencana Banjir. *Journal of Mathematics Education and Science*, *7*(1), 33–42. https://doi.org/10.32665/james.v7i1.1919

Nugraha, G. S., & Riyandari, B. A. (2020). Implementasi Fuzzy C-Means Untuk Pengelompokan Daerah Berdasarkan Indikator Kesehatan. *Jurnal Teknologi Informasi*, *4*(1), 52–62. https://doi.org/10.36294/jurti.v4i1.1222

Nurmin, D., Hayati, M. N., & Goejantoro, R. (2022). Penerapan Metode Fuzzy C-Means Pada Pengelompokan Kabupaten/Kota di Pulau Kalimantan Berdasarkan Indikator Kesejahteraan Rakyat Tahun 2020. *Eksponensial*, *13*(2), 189. https://doi.org/10.30872/eksponensial.v13i2.1068

Ozdemir, O., & Kaya, A. (2019). Comparison of FCM, PCM, FPCM, and PFCM Algorithms in Clustering Methods. *Afyon Kocatepe University Journal of*

*Sciences and Engineering*, *19*(1), 92–102. https://doi.org/10.35414/akufemubid.429540

Pal, N. R., Pal, K., Keller, J. M., & Bezdek, J. C. (2005). A possibilistic fuzzy c-means clustering algorithm. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, *13*(4), 517–530. https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2004.840099

Pemerintah Kabupaten Bogor. (2024). *USAID IUWASH Tangguh Memperkuat Kemitraan untuk Meningkatkan Akses Air Bersih dan Sanitasi Aman di Kabupaten Bogor*. USAID IUWASH Tangguh Memperkuat Kemitraan Untuk Meningkatkan Akses Air Bersih Dan Sanitasi Aman Di Kabupaten Bogor.

Pemerintah Kabupaten Gayo Lues. (2022). *Serius Turunkan Angka Stunting, Pemkab Gayo Lues adakan Rakor Mitra Kerja Percepatan Penurunan Stunting*.

Rahakbauw, D. L., Ilwaru, V. Y. I., & Hahury, M. H. (2017). Implementasi Fuzzy C-Means Clustering Dalam Penentuan Beasiswa. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, *11*(1), 1–12. https://doi.org/10.30598/barekengvol11iss1pp1-12

Sanusi, W., Zaky, A., & Afni, B. N. (2019). Analisis Fuzzy C-Means dan Penerapannya Dalam Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan Berdasarkan Faktor-faktor Penyebab Gizi Buruk. *Journal of Mathematics, Computations, and Statistics*, *2*(1), 47. https://doi.org/10.35580/jmathcos.v2i1.12458

Shihab, M. Q. (1999). *Tafsir Al-Mishbah Jilid 01: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Quran*. Lentera Hati.

Siddique, Md. A. B., Arif, R. B., Khan, M. M. R., & Ashrafi, Z. (2018). *Implementation of Fuzzy C-Means and Possibilistic C-Means Clustering Algorithms, Cluster Tendency Analysis and Cluster Validation*. *September*. https://doi.org/10.20944/preprints201811.0581.v1

Simhachalam, B., & Ganesan, G. (2014). Possibilistic fuzzy C-means clustering on medical diagnostic systems. *Proceedings of 2014 International Conference on Contemporary Computing and Informatics, IC3I 2014*, *1*, 1125–1129. https://doi.org/10.1109/IC3I.2014.7019729

Sulastri, S. D., Hariyanti, R., Mariana, S., & Rahmah, R. (2023). Hubungan Kekurangan Energi Kronik (KEK) dan Tingkat Pendidikan dengan Kejadian Anemia Pada Ibu Hamil di Puskesmas Putri Ayu Kota Jambi. *MAHESA: Malahayati Health Student Journal*, *3*(11), 3534–3542. https://doi.org/10.33024/mahesa.v3i11.11252

Suleman, A. (2015). A new perspective of modified partition coefficient. *Pattern Recognition Letters*, *56*, 1–6. https://doi.org/10.1016/j.patrec.2015.01.008

Wahyono, A. (2015). *Klastering Siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Menggunakan Metode Fuzzy C-Means*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

World Health Organization (WHO). (2024). *Stunting in a Nutshell*. Https://Www.Who.Int/News/Item/19-11-2015-Stunting-in-a-Nutshell.

## LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Data Penelitian

| No. | Kabupaten/Kota | Jumlah Ibu Hamil Penerima Tablet Tambah Darah | Jumlah Bayi Menerima Inisiasi Menyusui Dini | Jumlah Bayi Usia Kurang Dari 6 Bulan Penerima ASI Ekslusif | Jumlah Bayi Penerima Vitamin A | Jumlah Bayi Menerima Imunisasi Dasar Lengkap | Jumlah Bayi BBLR | Jumlah Keluarga Dengan Akses Fasilitas Sanitasi Layak |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Kabupaten Aceh Selatan | 3519 | 2355 | 1001 | 2120 | 1270 | 340 | 41426 |
| 2 | Kabupaten Aceh Tenggara | 3305 | 2636 | 789 | 1616 | 4479 | 131 | 24435 |
| 3 | Kabupaten Aceh Timur | 7489 | 7168 | 1937 | 4106 | 2904 | 427 | 97166 |
| 4 | Kabupaten Aceh Tengah | 3658 | 2972 | 1296 | 1618 | 2789 | 234 | 50131 |
| 5 | Kabupaten Aceh Barat | 2092 | 2132 | 828 | 1502 | 976 | 174 | 46459 |
| 6 | Kabupaten Aceh Besar | 6249 | 3443 | 1794 | 3805 | 3207 | 447 | 103589 |
| 7 | Kabupaten Pidie | 5144 | 4241 | 1356 | 4433 | 376 | 563 | 84767 |
| 8 | Kabupaten Aceh Utara | 7518 | 6186 | 1531 | 5132 | 5235 | 414 | 120921 |
| 9 | Kabupaten Simeulue | 1107 | 921 | 199 | 899 | 870 | 107 | 21158 |
| 10 | Kabupaten Aceh Singkil | 1960 | 1359 | 973 | 1285 | 1776 | 158 | 24470 |
| 11 | Kabupaten Bireuen | 8217 | 5841 | 1835 | 4156 | 1217 | 636 | 104165 |
| 12 | Kabupaten Aceh Barat Daya | 1862 | 2269 | 973 | 1331 | 1934 | 174 | 27062 |
| 13 | Kabupaten Gayo Lues | 1769 | 1127 | 481 | 934 | 1127 | 107 | 18417 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | Kabupaten Aceh Jaya | 1647 | 1415 | 626 | 749 | 481 | 140 | 35973 |
| 15 | Kabupaten Nagan Raya | 2953 | 1802 | 599 | 1155 | 1911 | 161 | 41209 |
| 16 | Kabupaten Aceh Tamiang | 4962 | 3410 | 1773 | 2314 | 3793 | 361 | 65207 |
| 17 | Kabupaten Bener Meriah | 3027 | 1383 | 442 | 1446 | 2348 | 247 | 43235 |
| 18 | Kabupaten Pidie Jaya | 2845 | 2592 | 415 | 1503 | 565 | 203 | 34660 |
| 19 | Kota Banda Aceh | 4982 | 2787 | 1291 | 2582 | 2878 | 271 | 73114 |
| 20 | Kota Sabang | 554 | 158 | 48 | 327 | 253 | 48 | 12044 |
| 21 | Kota Lhokseumawe | 4076 | 2593 | 1128 | 1672 | 2198 | 228 | 52048 |
| 22 | Kota Langsa | 3281 | 2253 | 1176 | 1667 | 2989 | 215 | 30996 |
| 23 | Kota Subulussalam | 2014 | 1326 | 600 | 789 | 810 | 172 | 15042 |
| 24 | Kabupaten Tapanuli Tengah | 6818 | 5425 | 1187 | 5141 | 7023 | 9 | 67012 |
| 25 | Kabupaten Tapanuli Utara | 4301 | 3494 | 3543 | 1639 | 5664 | 27 | 67442 |
| 26 | Kabupaten Tapanuli Selatan | 6268 | 5698 | 3478 | 3054 | 4455 | 3 | 45473 |
| 27 | Kabupaten Nias | 3637 | 166 | 77 | 3344 | 3291 | 8 | 11940 |
| 28 | Kabupaten Langkat | 15290 | 11564 | 7639 | 9331 | 14251 | 64 | 148249 |
| 29 | Kabupaten Karo | 6449 | 4079 | 2971 | 7008 | 5897 | 13 | 108694 |
| 30 | Kabupaten Deli Serdang | 44136 | 27837 | 6806 | 39239 | 36944 | 45 | 538903 |
| 31 | Kabupaten Simalungun | 1505 | 4079 | 2971 | 6636 | 14894 | 382 | 232325 |
| 32 | Kabupaten Asahan | 5109 | 6629 | 1228 | 6005 | 10956 | 16 | 55402 |
| 33 | Kabupaten Labuhanbatu | 11048 | 7263 | 2297 | 4889 | 9607 | 13 | 104809 |
| 34 | Kabupaten Dairi | 4928 | 2654 | 1260 | 1278 | 5046 | 0 | 67476 |
| 35 | Kabupaten Toba | 1119 | 1582 | 845 | 2275 | 3376 | 11 | 47803 |
| 36 | Kabupaten Mandailing Natal | 4291 | 5405 | 6414 | 5552 | 7220 | 178 | 66151 |
| 37 | Kabupaten Nias selatan | 5194 | 4143 | 2274 | 2103 | 6687 | 13 | 18445 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 38 | Kabupaten Pakpak Bharat | 731 | 644 | 432 | 658 | 778 | 7 | 11959 |
| 39 | Kabupaten Humbang Hasundutan | 2817 | 1674 | 4579 | 2079 | 3572 | 20 | 46416 |
| 40 | Kabupaten Samosir | 1560 | 1032 | 1154 | 1818 | 1703 | 32 | 30163 |
| 41 | Kabupaten Serdang Bedagai | 9921 | 5571 | 871 | 9601 | 10391 | 35 | 139040 |
| 42 | Kabupaten Batu Bara | 8819 | 5990 | 325 | 3082 | 7781 | 23 | 105848 |
| 43 | Kabupaten Padang Lawas Utara | 7082 | 3443 | 3317 | 7042 | 5821 | 0 | 50786 |
| 44 | Kabupaten Padang Lawas | 691 | 2109 | 375 | 1853 | 4016 | 149 | 36750 |
| 45 | Kabupaten Labuhanbatu Selatan | 7001 | 2871 | 4081 | 2873 | 7493 | 0 | 43311 |
| 46 | Kabupaten Labuhanbatu Utara | 3290 | 4023 | 269 | 2350 | 6927 | 11 | 73348 |
| 47 | Kabupaten Nias Utara | 2462 | 784 | 313 | 625 | 1712 | 10 | 5823 |
| 48 | Kabupaten Nias Barat | 119 | 578 | 81 | 484 | 1698 | 0 | 28920 |
| 49 | Kota Medan | 16986 | 8078 | 3180 | 6418 | 32766 | 16 | 461356 |
| 50 | Kota Pematangsiantar | 3354 | 2374 | 1066 | 2753 | 3475 | 35 | 60274 |
| 51 | Kota Sibolga | 1757 | 1079 | 537 | 1345 | 1344 | 19 | 6607 |
| 52 | Kota Tanjung Balai | 276 | 768 | 54 | 1352 | 3276 | 22 | 37940 |
| 53 | Kota Binjai | 4134 | 3852 | 227 | 1341 | 2770 | 0 | 59362 |
| 54 | Kota Tebing Tinggi | 2766 | 1492 | 721 | 2109 | 2303 | 20 | 44256 |
| 55 | Kota Padangsidimpuan | 3372 | 2263 | 1242 | 2335 | 2998 | 14 | 30879 |
| 56 | Kota Gunung Sitoli | 342 | 1614 | 183 | 1469 | 1875 | 80 | 17190 |
| 57 | Kabupaten Kuantan Singingi | 1549 | 3079 | 2295 | 3734 | 366 | 112 | 51152 |
| 58 | Kabupaten Indragiri Hulu | 7795 | 4363 | 2362 | 5279 | 5166 | 33 | 83532 |
| 59 | Kabupaten Indragiri Hilir | 10262 | 3331 | 1697 | 4532 | 6639 | 42 | 61577 |
| 60 | Kabupaten Pelalawan | 10262 | 6831 | 5203 | 5736 | 8186 | 19 | 71060 |
| 61 | Kabupaten Siak | 8277 | 8236 | 4494 | 5736 | 5784 | 165 | 92967 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 62 | Kabupaten Kampar | 15847 | 3256 | 3364 | 8152 | 15083 | 196 | 150819 |
| 63 | Kabupaten Rokan Hulu | 11590 | 8288 | 7524 | 10230 | 12350 | 49 | 113051 |
| 64 | Kabupaten Bengkalis | 6660 | 6147 | 3154 | 6757 | 7976 | 60 | 82560 |
| 65 | Kabupaten Rokan Hilir | 14656 | 7988 | 6596 | 8156 | 11641 | 95 | 90639 |
| 66 | Kabupaten Meranti | 2451 | 2385 | 7241 | 837 | 2627 | 68 | 21011 |
| 67 | Kota Pekanbaru | 10861 | 13915 | 5092 | 6545 | 16832 | 584 | 215339 |
| 68 | Kota Dumai | 8538 | 4859 | 2227 | 4641 | 6805 | 102 | 80104 |
| 69 | Kabupaten Kerinci | 2776 | 3064 | 776 | 2991 | 3543 | 118 | 55436 |
| 70 | Kabupaten Merangin | 6294 | 5325 | 2896 | 6548 | 6672 | 105 | 71871 |
| 71 | Kabupaten Sarolangun | 6042 | 4472 | 2826 | 4311 | 6362 | 24 | 54296 |
| 72 | Kabupaten Batanghari | 4144 | 4024 | 2803 | 4518 | 4798 | 98 | 48708 |
| 73 | Kabupaten Muaro Jambi | 6438 | 4985 | 8330 | 5180 | 7689 | 112 | 82051 |
| 74 | Kabupaten Tanjung Jabung Timur | 3518 | 3289 | 1023 | 3956 | 3585 | 89 | 19616 |
| 75 | Kabupaten Tanjung Jabung Barat | 5159 | 6055 | 13161 | 4369 | 5184 | 79 | 39072 |
| 76 | Kabupaten Tebo | 6142 | 5245 | 1930 | 4050 | 6044 | 164 | 60546 |
| 77 | Kabupaten Bungo | 6514 | 7369 | 3078 | 4992 | 5758 | 38 | 59497 |
| 78 | Kota Jambi | 11235 | 9224 | 2311 | 3139 | 9129 | 150 | 133770 |
| 79 | Kota Sungai Penuh | 1334 | 1098 | 343 | 855 | 1213 | 4 | 21695 |
| 80 | Kabupaten Ogan Komering Ulu | 6054 | 5118 | 753 | 3587 | 6819 | 0 | 24008 |
| 81 | Kabupaten Ogan Komering Ilir | 12791 | 13085 | 4127 | 12878 | 16423 | 0 | 159308 |
| 82 | Kabupaten Muara Enim | 11283 | 9948 | 6191 | 10820 | 10890 | 201 | 166346 |
| 83 | Kabupaten Lahat | 8106 | 6670 | 2909 | 3920 | 7388 | 0 | 84675 |
| 84 | Kabupaten Musi Rawas | 7766 | 6889 | 6415 | 4927 | 7216 | 0 | 116534 |
| 85 | Kabupaten Musi Banyuasin | 14387 | 13236 | 4342 | 12066 | 13194 | 0 | 135596 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 86 | Kabupaten Banyuasin | 16993 | 10932 | 2876 | 9279 | 14838 | 13 | 151916 |
| 87 | Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan | 6336 | 5778 | 534 | 3815 | 6012 | 11 | 191617 |
| 88 | Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur | 12426 | 9652 | 4478 | 5323 | 11545 | 76 | 187162 |
| 89 | Kabupaten Ogan Ilir | 9176 | 8213 | 4947 | 3965 | 9037 | 143 | 96507 |
| 90 | Kabupaten Empat Lawang | 4584 | 7479 | 1005 | 2528 | 5118 | 2 | 39880 |
| 91 | Kabupaten Penukal Abab Lematang Ilir | 4489 | 4018 | 3518 | 2401 | 4171 | 0 | 98285 |
| 92 | Kabupaten Musi Rawas Utara | 3936 | 3361 | 2190 | 5860 | 3780 | 40 | 41527 |
| 93 | Kota Palembang | 30903 | 28314 | 8380 | 14110 | 27942 | 183 | 376284 |
| 94 | Kota Prabumulih | 4104 | 2487 | 838 | 2324 | 3964 | 0 | 52018 |
| 95 | Kota Pagar Alam | 2621 | 1110 | 1185 | 321 | 2644 | 0 | 34161 |
| 96 | Kota Lubuk Linggau | 4473 | 4307 | 1419 | 2380 | 4083 | 18 | 53075 |
| 97 | Kabupaten Bengkulu Selatan | 2536 | 2127 | 1637 | 2595 | 2856 | 51 | 41015 |
| 98 | Kabupaten Rejang Lebong | 4219 | 3026 | 2265 | 1940 | 4052 | 168 | 65607 |
| 99 | Kabupaten Bengkulu Utara | 4612 | 3174 | 3069 | 5210 | 5254 | 271 | 51760 |
| 100 | Kabupaten Kaur | 2194 | 1721 | 264 | 598 | 2090 | 17 | 26110 |
| 101 | Kabupaten Seluma | 3335 | 3015 | 610 | 1420 | 2624 | 84 | 53380 |
| 102 | Kabupaten Mukomuko | 3560 | 2890 | 3837 | 3026 | 3198 | 56 | 46810 |
| 103 | Kabupaten Lebong | 1830 | 1710 | 262 | 2521 | 1704 | 53 | 21336 |
| 104 | Kabupaten Kepahiang | 1951 | 1497 | 1089 | 1998 | 2066 | 120 | 42660 |
| 105 | Kabupaten Bengkulu Tengah | 2082 | 2162 | 879 | 1763 | 1988 | 45 | 41060 |
| 106 | Kota Bengkulu | 6343 | 4518 | 627 | 2352 | 6568 | 47 | 86451 |
| 107 | Kabupaten Lampung Barat | 4579 | 3866 | 4480 | 3399 | 5716 | 137 | 90170 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 108 | Kabupaten Tanggamus | 10986 | 9228 | 3291 | 8069 | 9882 | 208 | 116773 |
| 109 | Kabupaten Lampung Selatan | 19396 | 14308 | 17345 | 7680 | 17770 | 257 | 279578 |
| 110 | Kabupaten Lampung Timur | 16223 | 11634 | 11306 | 18798 | 14793 | 675 | 287827 |
| 111 | Kabupaten Lampung Tengah | 19445 | 7446 | 3240 | 8403 | 20135 | 20 | 346563 |
| 112 | Kabupaten Lampung Utara | 10243 | 8663 | 1949 | 10511 | 9873 | 71 | 145149 |
| 113 | Kabupaten Way Kanan | 8104 | 6904 | 3346 | 7191 | 7867 | 154 | 96269 |
| 114 | Kabupaten Tulangbawang | 8450 | 6603 | 2897 | 5943 | 8820 | 100 | 109054 |
| 115 | Kabupaten Pesawaran | 8450 | 6156 | 5869 | 9255 | 7132 | 66 | 107639 |
| 116 | Kabupaten Pringsewu | 6535 | 5058 | 2189 | 6245 | 6618 | 139 | 111398 |
| 117 | Kabupaten Mesuji | 3620 | 2759 | 1195 | 2845 | 3756 | 116 | 60267 |
| 118 | Kabupaten Tulang Bawang Barat | 4330 | 3265 | 1556 | 4365 | 5206 | 106 | 83049 |
| 119 | Kabupaten Pesisir Barat | 2926 | 2971 | 3603 | 1577 | 2841 | 87 | 29117 |
| 120 | Kota Bandar Lampung | 19631 | 19340 | 4303 | 14472 | 16817 | 361 | 230293 |
| 121 | Kota Metro | 2710 | 1694 | 959 | 1367 | 2473 | 130 | 47126 |
| 122 | Kabupaten Bangka | 5035 | 5078 | 3174 | 5263 | 4873 | 174 | 102086 |
| 123 | Kabupaten Belitung | 2667 | 2172 | 1427 | 2563 | 2636 | 183 | 47734 |
| 124 | Kabupaten Bangka Barat | 3439 | 2137 | 1110 | 2900 | 2529 | 175 | 64441 |
| 125 | Kabupaten Bangka tengah | 3523 | 2480 | 1430 | 3113 | 2523 | 132 | 60305 |
| 126 | Kabupaten Bangka Selatan | 2599 | 2345 | 1185 | 2704 | 2698 | 99 | 59852 |
| 127 | Kabupaten Belitung Timur | 1898 | 1431 | 973 | 2279 | 178 | 118 | 40359 |
| 128 | Kota Pangkalpinang | 4056 | 2569 | 1602 | 3147 | 3861 | 85 | 67084 |
| 129 | Kabupaten Karimun | 3276 | 2350 | 1286 | 3144 | 3362 | 137 | 58317 |
| 130 | Kabupaten Bintan | 2933 | 2624 | 1294 | 2680 | 2696 | 81 | 44754 |
| 131 | Kabupaten Natuna | 1103 | 859 | 43 | 1061 | 1336 | 122 | 20203 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 132 | Kabupaten Lingga | 1218 | 944 | 561 | 920 | 1253 | 61 | 21728 |
| 133 | Kabupaten kepulauan Anambas | 853 | 738 | 135 | 1098 | 745 | 49 | 5414 |
| 134 | Kota Batam | 36270 | 22927 | 25964 | 28457 | 29726 | 381 | 362978 |
| 135 | Kota Tanjungpinang | 3588 | 3079 | 1810 | 3356 | 3503 | 168 | 65296 |
| 136 | Kota Jakarta Pusat | 13710 | 13014 | 3168 | 8374 | 12962 | 227 | 308876 |
| 137 | Kota Jakarta Utara | 24720 | 23945 | 4885 | 15519 | 28017 | 293 | 556840 |
| 138 | Kota Jakarta Barat | 32416 | 30251 | 6330 | 20721 | 42613 | 113 | 502158 |
| 139 | Kota Jakarta Selatan | 29958 | 30093 | 7022 | 18598 | 34651 | 135 | 572983 |
| 140 | Kota Jakarta Timur | 43972 | 41545 | 11377 | 30785 | 46637 | 191 | 736197 |
| 141 | Kabupaten Kepulauan Seribu | 477 | 440 | 320 | 847 | 456 | 23 | 8310 |
| 142 | Kabupaten Bogor | 104887 | 92038 | 23250 | 93757 | 103642 | 1927 | 1099285 |
| 143 | Kabupaten Sukabumi | 44768 | 35976 | 19661 | 35566 | 36605 | 1965 | 866516 |
| 144 | Kabupaten Cianjur | 35137 | 38370 | 39033 | 36544 | 46859 | 1220 | 775029 |
| 145 | Kabupaten Bandung | 64897 | 58755 | 14006 | 54600 | 61780 | 1639 | 1074640 |
| 146 | Kabupaten Garut | 52482 | 42675 | 18643 | 40250 | 41393 | 1709 | 759546 |
| 147 | Kabupaten Tasikmalaya | 25887 | 5571 | 6400 | 101184 | 28534 | 1172 | 511526 |
| 148 | Kabupaten Ciamis | 19029 | 16159 | 6484 | 15695 | 17768 | 830 | 361159 |
| 149 | Kabupaten Kuningan | 15873 | 11962 | 10754 | 17756 | 16631 | 1019 | 327317 |
| 150 | Kabupaten Cirebon | 45519 | 35420 | 10594 | 34438 | 44585 | 1133 | 596179 |
| 151 | Kabupaten Majalengka | 18457 | 16444 | 11162 | 18040 | 17132 | 765 | 412736 |
| 152 | Kabupaten Sumedang | 16195 | 14364 | 9793 | 15815 | 16906 | 509 | 392659 |
| 153 | Kabupaten Indramayuu | 17735 | 21426 | 6517 | 12445 | 23615 | 778 | 620877 |
| 154 | Kabupaten Subang | 24874 | 19448 | 7649 | 23505 | 24060 | 496 | 492614 |
| 155 | Kabupaten Purwakarta | 17414 | 13800 | 5227 | 18765 | 15870 | 425 | 244813 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 156 | Kabupaten Karawang | 41006 | 27365 | 9283 | 28867 | 40243 | 1114 | 405668 |
| 157 | Kabupaten Bekasi | 79883 | 65555 | 19241 | 49360 | 70684 | 564 | 937688 |
| 158 | Kabupaten Bandung Barat | 29577 | 26277 | 10595 | 14571 | 29362 | 886 | 477704 |
| 159 | Kabupaten Pangandaran | 5680 | 4734 | 6277 | 5040 | 5516 | 299 | 130218 |
| 160 | Kota Bogor | 17337 | 15639 | 7167 | 11720 | 16826 | 298 | 152194 |
| 161 | Kota Sukabumi | 5799 | 4892 | 1969 | 4851 | 5058 | 237 | 94775 |
| 162 | Kota Bandung | 28641 | 31494 | 17200 | 22194 | 35365 | 637 | 581198 |
| 163 | Kota Cirebon | 5052 | 4108 | 2343 | 4130 | 4168 | 263 | 86302 |
| 164 | Kota Bekasi | 51014 | 43143 | 14124 | 27728 | 47773 | 151 | 727998 |
| 165 | Kota Depok | 46240 | 42747 | 11947 | 21413 | 43066 | 289 | 586617 |
| 166 | Kota Cimahi | 10728 | 9291 | 2772 | 6480 | 9358 | 254 | 134393 |
| 167 | Kota Tasikmalaya | 11528 | 9538 | 4379 | 4586 | 10385 | 433 | 115044 |
| 168 | Kota Banjar | 2625 | 2379 | 1627 | 2649 | 2900 | 118 | 65463 |
| 169 | Kabupaten Cilacap | 27876 | 16240 | 14433 | 12595 | 29827 | 1134 | 610850 |
| 170 | Kabupaten Banyumas | 22718 | 14204 | 5246 | 11398 | 25042 | 1772 | 539200 |
| 171 | Kabupaten Purbalingga | 13075 | 10166 | 4700 | 7264 | 15233 | 840 | 287007 |
| 172 | Kabupaten Banjarnegara | 13558 | 9473 | 9986 | 7132 | 13222 | 953 | 236103 |
| 173 | Kabupaten Kebumen | 16983 | 16121 | 6383 | 3319 | 19855 | 933 | 424306 |
| 174 | Kabupaten Purworejo | 7570 | 6208 | 3060 | 4423 | 8995 | 499 | 100445 |
| 175 | Kabupaten Wonosobo | 13041 | 9758 | 2710 | 7396 | 12582 | 689 | 161777 |
| 176 | Kabupaten Magelang | 16363 | 14080 | 19032 | 12492 | 19583 | 823 | 395288 |
| 177 | Kabupaten Boyolali | 13337 | 12051 | 4865 | 7021 | 15036 | 544 | 354984 |
| 178 | Kabupaten Klaten | 13840 | 12041 | 5852 | 7386 | 14140 | 901 | 391616 |
| 179 | Kabupaten Sukoharjo | 11786 | 10268 | 3186 | 5491 | 10599 | 438 | 303609 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 180 | Kabupaten Wonogiri | 10442 | 6633 | 2380 | 5412 | 11096 | 536 | 365353 |
| 181 | Kabupaten Karanganyar | 11714 | 7611 | 7035 | 6318 | 11316 | 576 | 301343 |
| 182 | Kabupaten Sragen | 12905 | 8407 | 4563 | 13759 | 13020 | 575 | 311567 |
| 183 | Kabupaten Grobogan | 19232 | 18141 | 6618 | 11942 | 21295 | 1112 | 463888 |
| 184 | Kabupaten Blora | 11296 | 8437 | 5708 | 5349 | 11117 | 507 | 298386 |
| 185 | Kabupaten Rembang | 8837 | 6509 | 7260 | 4485 | 8331 | 458 | 205365 |
| 186 | Kabupaten Pati | 16338 | 13835 | 4987 | 8751 | 16933 | 561 | 370439 |
| 187 | Kabupaten Kudus | 14085 | 7603 | 16087 | 7987 | 13727 | 588 | 291875 |
| 188 | Kabupaten Jepara | 19487 | 18455 | 8092 | 9862 | 20038 | 565 | 340940 |
| 189 | Kabupaten Demak | 19281 | 18667 | 6835 | 9872 | 20152 | 496 | 382604 |
| 190 | Kabupaten Semarang | 13338 | 10242 | 3210 | 7260 | 13986 | 729 | 348095 |
| 191 | Kabupaten Temanggung | 9661 | 8368 | 4425 | 5735 | 10100 | 474 | 252324 |
| 192 | Kabupaten Kendal | 14185 | 10734 | 9001 | 8525 | 13133 | 667 | 326301 |
| 193 | Kabupaten Batang | 11858 | 9724 | 6044 | 6352 | 11666 | 557 | 203344 |
| 194 | Kabupaten Pekalongan | 15968 | 13016 | 5623 | 9308 | 17242 | 755 | 273088 |
| 195 | Kabupaten Pemalang | 2649 | 22984 | 5876 | 12909 | 24942 | 838 | 435223 |
| 196 | Kabupaten Tegal | 24930 | 22113 | 10795 | 9872 | 24859 | 75 | 464706 |
| 197 | Kabupaten Brebes | 27681 | 23677 | 13821 | 14572 | 28985 | 1200 | 606786 |
| 198 | Kota Magelang | 1254 | 482 | 790 | 1401 | 1454 | 53 | 33119 |
| 199 | Kota Surakarta | 9486 | 9704 | 3974 | 6278 | 9475 | 210 | 193761 |
| 200 | Kota Salatiga | 2160 | 1864 | 547 | 975 | 2869 | 155 | 67274 |
| 201 | Kota Semarang | 22872 | 18626 | 9028 | 8771 | 27566 | 609 | 553280 |
| 202 | Kota Pekalongan | 5865 | 5411 | 1576 | 2295 | 5468 | 242 | 99391 |
| 203 | Kota Tegal | 3868 | 3356 | 626 | 1400 | 3691 | 227 | 74845 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 204 | Kabupaten Kulon Progo | 4139 | 3707 | 2886 | 3404 | 4466 | 288 | 133012 |
| 205 | Kabupaten Bantul | 10768 | 9045 | 6578 | 11049 | 11449 | 613 | 320898 |
| 206 | Kabupaten Gunung Kidul | 7425 | 5364 | 4712 | 7596 | 7167 | 472 | 246648 |
| 207 | Kabupaten Sleman | 12299 | 11682 | 5756 | 11596 | 11649 | 757 | 374642 |
| 208 | Kota Yogyakarta | 2574 | 2417 | 1281 | 2503 | 2694 | 193 | 139769 |
| 209 | Kabupaten Pacitan | 127 | 2033 | 1248 | 4396 | 6064 | 344 | 157072 |
| 210 | Kabupaten Ponorogo | 2981 | 4509 | 561 | 6455 | 9946 | 468 | 302702 |
| 211 | Kabupaten Trenggalek | 8007 | 5464 | 3554 | 8180 | 8668 | 319 | 196726 |
| 212 | Kabupaten Tulungagung | 11458 | 10116 | 3200 | 10731 | 14492 | 330 | 353429 |
| 213 | Kabupaten Blitar | 13366 | 9357 | 3214 | 13575 | 14715 | 563 | 359636 |
| 214 | Kabupaten Kediri | 17212 | 13217 | 1923 | 20690 | 22444 | 792 | 469633 |
| 215 | Kabupaten Malang | 23413 | 26132 | 6323 | 30837 | 36668 | 1317 | 752364 |
| 216 | Kabupaten Lumajang | 10502 | 10217 | 4596 | 11837 | 12963 | 732 | 260450 |
| 217 | Kabupaten Jember | 8613 | 16506 | 8159 | 20671 | 29482 | 1724 | 559922 |
| 218 | Kabupaten Banyuwangi | 18768 | 15757 | 5572 | 19951 | 21208 | 620 | 530693 |
| 219 | Kabupaten Bondowoso | 9205 | 9086 | 6264 | 9621 | 9882 | 813 | 191028 |
| 220 | Kabupaten Situbondo | 7830 | 7362 | 5094 | 8074 | 7113 | 602 | 168789 |
| 221 | Kabupaten Probolinggo | 15601 | 12383 | 4659 | 15242 | 16098 | 1061 | 240510 |
| 222 | Kabupaten Pasuruan | 24052 | 17512 | 1190 | 22409 | 23273 | 833 | 384308 |
| 223 | Kabupaten Sidoarjo | 37871 | 30949 | 16501 | 31918 | 35795 | 370 | 652743 |
| 224 | Kabupaten Mojokerto | 9189 | 10107 | 4235 | 14558 | 17154 | 462 | 359972 |
| 225 | Kabupaten Jombang | 6176 | 14260 | 5472 | 16163 | 17636 | 943 | 393747 |
| 226 | Kabupaten Nganjuk | 9266 | 8682 | 4059 | 12149 | 13612 | 578 | 227690 |
| 227 | Kabupaten Madiun | 7180 | 4757 | 2739 | 6408 | 9053 | 391 | 252895 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 228 | Kabupaten Magetan | 6749 | 5790 | 1886 | 7298 | 7459 | 308 | 216642 |
| 229 | Kabupaten Ngawi | 4969 | 3927 | 1083 | 7045 | 10375 | 405 | 273102 |
| 230 | Kabupaten Bojonegoro | 14740 | 12080 | 5210 | 13247 | 16220 | 759 | 362430 |
| 231 | Kabupaten Tuban | 14891 | 11500 | 5742 | 13635 | 15746 | 692 | 310553 |
| 232 | Kabupaten Lamongan | 13374 | 10737 | 5066 | 13870 | 15659 | 641 | 358981 |
| 233 | Kabupaten Gresik | 14815 | 15703 | 1639 | 19501 | 20486 | 512 | 373235 |
| 234 | Kabupaten Bangkalan | 10244 | 13662 | 773 | 6247 | 9671 | 602 | 260962 |
| 235 | Kabupaten Sampang | 2863 | 12119 | 1211 | 11653 | 12757 | 640 | 185579 |
| 236 | Kabupaten Pamekasan | 9340 | 15381 | 1426 | 9786 | 11349 | 399 | 236875 |
| 237 | Kabupaten Sumenep | 637 | 7039 | 775 | 8727 | 13813 | 731 | 272040 |
| 238 | Kota Kediri | 1073 | 2851 | 212 | 3833 | 4309 | 173 | 82618 |
| 239 | Kota Blitar | 1706 | 1193 | 432 | 2006 | 1921 | 108 | 52409 |
| 240 | Kota Malang | 11017 | 10101 | 4592 | 7061 | 10465 | 388 | 248958 |
| 241 | Kota Probolinggo | 3379 | 1782 | 140 | 3628 | 3651 | 203 | 70665 |
| 242 | Kota Pasuruan | 2066 | 1824 | 652 | 2797 | 3353 | 197 | 49407 |
| 243 | Kota Mojokerto | 1166 | 1374 | 185 | 1110 | 2052 | 69 | 46555 |
| 244 | Kota Madiun | 2470 | 2012 | 817 | 2263 | 2348 | 147 | 58587 |
| 245 | Kota Surabaya | 35540 | 33465 | 10687 | 34781 | 41680 | 738 | 961597 |
| 246 | Kota Batu | 2184 | 2341 | 688 | 2790 | 3118 | 97 | 55205 |
| 247 | Kabupaten Jembrana | 2400 | 2834 | 1000 | 3390 | 4046 | 168 | 88831 |
| 248 | Kabupaten Tabanan | 4686 | 2644 | 2624 | 5319 | 5158 | 208 | 132949 |
| 249 | Kabupaten Badung | 7506 | 5449 | 2362 | 4899 | 10675 | 269 | 117760 |
| 250 | Kabupaten Gianyar | 6005 | 2284 | 3405 | 5959 | 6805 | 213 | 107392 |
| 251 | Kabupaten Klungkung | 2492 | 1491 | 1603 | 2405 | 2635 | 130 | 57045 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 252 | Kabupaten Bangli | 2975 | 2209 | 2526 | 3406 | 3309 | 159 | 67661 |
| 253 | Kabupaten Karangasem | 5299 | 3707 | 3296 | 5703 | 6026 | 239 | 130819 |
| 254 | Kabupaten Buleleng | 9173 | 6495 | 5073 | 12152 | 10327 | 382 | 215196 |
| 255 | Kota Denpasar | 16713 | 11221 | 1019 | 7583 | 16851 | 257 | 182754 |
| 256 | Kabupaten Lombok Barat | 12758 | 10960 | 8125 | 13351 | 14342 | 548 | 242164 |
| 257 | Kabupaten Lombok Tengah | 19502 | 18856 | 8465 | 13133 | 19048 | 709 | 321846 |
| 258 | Kabupaten Lombok Timur | 23372 | 22335 | 81276 | 26136 | 25530 | 696 | 356563 |
| 259 | Kabupaten Sumbawa | 7801 | 7255 | 4952 | 7634 | 7918 | 488 | 135494 |
| 260 | Kabupaten Dompu | 5835 | 3849 | 1833 | 4007 | 5434 | 152 | 58530 |
| 261 | Kabupaten Bima | 9778 | 7214 | 22668 | 9080 | 10121 | 243 | 132647 |
| 262 | Kabupaten Sumbawa Barat | 2932 | 1914 | 3732 | 1175 | 2650 | 137 | 39887 |
| 263 | Kabupaten Lombok Utara | 3723 | 3697 | 3505 | 4971 | 4739 | 316 | 80679 |
| 264 | Kota Mataram | 7015 | 2947 | 3710 | 5585 | 7498 | 359 | 111235 |
| 265 | Kota Bima | 3401 | 3062 | 1678 | 1142 | 3550 | 125 | 45980 |
| 266 | Kota Kupang | 7393 | 6520 | 1896 | 4687 | 8263 | 369 | 25950 |
| 267 | Kabupaten Kupang | 6061 | 5083 | 3333 | 5875 | 7134 | 532 | 33266 |
| 268 | Kabupaten Timor Tengah Selatan | 9152 | 7808 | 2491 | 4792 | 10327 | 1289 | 69356 |
| 269 | Kabupaten Timor Tengah Utara | 4970 | 4315 | 3054 | 4329 | 4792 | 360 | 55445 |
| 270 | Kabupaten Belu | 4159 | 2966 | 2675 | 3946 | 3831 | 356 | 51778 |
| 271 | Kabupaten Malaka | 3898 | 3465 | 1893 | 3905 | 3405 | 72 | 42257 |
| 272 | Kabupaten Alor | 4927 | 2197 | 2143 | 3815 | 4056 | 0 | 44097 |
| 273 | Kabupaten Lembata | 2004 | 1716 | 1277 | 1967 | 1143 | 106 | 29322 |
| 274 | Kabupaten Flores Timur | 3812 | 3065 | 2683 | 1817 | 3762 | 359 | 64965 |
| 275 | Kabupaten Sikka | 4556 | 3247 | 3503 | 4866 | 4457 | 518 | 66709 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 276 | Kabupaten Ende | 3532 | 3349 | 2672 | 3986 | 4647 | 495 | 74091 |
| 277 | Kabupaten Nagekeo | 3243 | 1539 | 1523 | 1392 | 2112 | 1775 | 30418 |
| 278 | Kabupaten Ngada | 1937 | 1414 | 1519 | 2292 | 2345 | 161 | 22719 |
| 279 | Kabupaten Manggarai Timur | 5792 | 4931 | 3875 | 5847 | 5427 | 106 | 32068 |
| 280 | Kabupaten Manggarai | 5303 | 5460 | 4855 | 2976 | 6318 | 293 | 61031 |
| 281 | Kabupaten Manggarai Barat | 5128 | 3735 | 3716 | 4919 | 5010 | 341 | 24142 |
| 282 | Kabupaten Sumba Timur | 4825 | 4220 | 3671 | 5029 | 4757 | 234 | 37330 |
| 283 | Kabupaten Sumba Tengah | 1692 | 1496 | 1469 | 866 | 1826 | 98 | 12286 |
| 284 | Kabupaten Sumba Barat | 1981 | 2239 | 1645 | 2597 | 3339 | 0 | 4882 |
| 285 | Kabupaten Sumba Barat Daya | 4793 | 2573 | 4867 | 6645 | 7225 | 198 | 48858 |
| 286 | Kabupaten Rote Ndao | 2561 | 2257 | 1248 | 2948 | 2364 | 176 | 31199 |
| 287 | Kabupaten Sabu Raijua | 1599 | 1491 | 339 | 1787 | 1599 | 76 | 22026 |
| 288 | Kabupaten Sambas | 10087 | 1935 | 6404 | 9948 | 10400 | 77 | 185155 |
| 289 | Kabupaten Bengkayang | 4445 | 875 | 298 | 4036 | 4377 | 46 | 48567 |
| 290 | Kabupaten Landak | 6692 | 1636 | 2451 | 6026 | 6268 | 54 | 66690 |
| 291 | Kabupaten Mempawah | 5664 | 1320 | 1449 | 4878 | 3690 | 24 | 58656 |
| 292 | Kabupaten Sanggau | 7244 | 1972 | 164 | 3387 | 7087 | 3 | 103323 |
| 293 | Kabupaten Ketapang | 7534 | 1518 | 1630 | 6711 | 6009 | 114 | 111529 |
| 294 | Kabupaten Sintang | 6379 | 11259 | 807 | 9698 | 6349 | 855 | 72444 |
| 295 | Kabupaten Kapuas Hulu | 3551 | 780 | 73 | 3822 | 3348 | 91 | 62558 |
| 296 | Kabupaten Sekadau | 3119 | 569 | 46 | 2809 | 3244 | 18 | 45839 |
| 297 | Kabupaten Melawi | 2958 | 271 | 339 | 1606 | 2807 | 20 | 38788 |
| 298 | Kabupaten Kayong Utara | 1710 | 230 | 161 | 1774 | 1450 | 33 | 24651 |
| 299 | Kabupaten Kubu Raya | 10010 | 2110 | 1512 | 9109 | 6757 | 65 | 132068 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 300 | Kota Pontianak | 12122 | 2669 | 2591 | 7351 | 7773 | 39 | 49526 |
| 301 | Kota Singkawang | 3913 | 724 | 756 | 3359 | 1766 | 74 | 9157 |
| 302 | Kabupaten Kotawaringin Barat | 5039 | 4752 | 2636 | 5108 | 4658 | 148 | 66907 |
| 303 | Kabupaten Kotawaringin Timur | 7278 | 6296 | 3122 | 3149 | 6879 | 112 | 74524 |
| 304 | Kabupaten Kapuas | 5587 | 5502 | 570 | 4036 | 4477 | 109 | 57687 |
| 305 | Kabupaten Barito Selatan | 1742 | 1375 | 1036 | 1496 | 1920 | 101 | 25693 |
| 306 | Kabupaten Barito Utara | 2200 | 2641 | 1366 | 947 | 1904 | 42 | 24102 |
| 307 | Kabupaten Sukamara | 1148 | 1069 | 316 | 537 | 1043 | 24 | 17974 |
| 308 | Kabupaten Lamandau | 1317 | 1204 | 1192 | 1124 | 1379 | 18 | 16332 |
| 309 | Kabupaten Seruyan | 3327 | 2801 | 794 | 3954 | 2788 | 38 | 27191 |
| 310 | Kabupaten Katingan | 2651 | 2400 | 533 | 1574 | 2444 | 74 | 39361 |
| 311 | Kabupaten Pulang Pisau | 1910 | 1814 | 928 | 2766 | 1641 | 72 | 30551 |
| 312 | Kabupaten Gunung Mas | 2179 | 1845 | 146 | 1817 | 1811 | 45 | 29949 |
| 313 | Kabupaten Barito Timur | 1859 | 1205 | 970 | 1676 | 1857 | 30 | 25042 |
| 314 | Kabupaten Murung Raya | 2096 | 2123 | 109 | 866 | 1454 | 35 | 15877 |
| 315 | Kota Palangka Raya | 4433 | 3672 | 1790 | 2616 | 4046 | 26 | 60117 |
| 316 | Kabupaten Tanah Laut | 5546 | 5411 | 3203 | 2781 | 5282 | 389 | 77324 |
| 317 | Kabupaten Kota Baru | 4157 | 3109 | 681 | 1798 | 3586 | 190 | 39540 |
| 318 | Kabupaten Banjar | 6495 | 6761 | 1517 | 3550 | 7830 | 458 | 140034 |
| 319 | Kabupaten Barito Kuala | 4074 | 4932 | 1723 | 1908 | 4205 | 275 | 63936 |
| 320 | Kabupaten Tapin | 2642 | 2560 | 889 | 1152 | 314 | 233 | 57118 |
| 321 | Kabupaten Hulu Sungai Selatan | 3586 | 3014 | 1146 | 1460 | 2979 | 246 | 51500 |
| 322 | Kabupaten Hulu Sungai Tengah | 4016 | 3291 | 1876 | 2115 | 3315 | 301 | 55544 |
| 323 | Kabupaten Hulu Sungai Utara | 3117 | 2245 | 1093 | 1355 | 2499 | 291 | 58022 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 324 | Kabupaten Tabalong | 3438 | 2325 | 1599 | 1843 | 3214 | 239 | 77893 |
| 325 | Kabupaten Tanah Bumbu | 6832 | 6269 | 2781 | 3215 | 6835 | 226 | 58542 |
| 326 | Kabupaten Balangan | 2007 | 1332 | 640 | 880 | 2006 | 178 | 37061 |
| 327 | Kota Banjarmasin | 10220 | 8767 | 2462 | 4760 | 9975 | 509 | 159730 |
| 328 | Kota Banjar Baru | 4953 | 3235 | 673 | 1654 | 4420 | 260 | 67137 |
| 329 | Kabupaten Paser | 4737 | 4184 | 1639 | 4557 | 3787 | 322 | 40068 |
| 330 | Kabupaten Kutai Barat | 1984 | 1446 | 301 | 1900 | 2480 | 238 | 27944 |
| 331 | Kabupaten Kutai Kartanegara | 12810 | 10894 | 2909 | 10246 | 10158 | 1109 | 166720 |
| 332 | Kabupaten Kutai Timur | 7298 | 6220 | 4237 | 7446 | 7634 | 325 | 126951 |
| 333 | Kabupaten Berau | 4106 | 3186 | 962 | 3360 | 3717 | 274 | 54235 |
| 334 | Kabupaten Penajam Paser Utara | 3039 | 2733 | 1669 | 1829 | 2660 | 213 | 51643 |
| 335 | Kabupaten Mahakam Hulu | 492 | 499 | 337 | 453 | 557 | 33 | 8170 |
| 336 | Kota Balikpapan | 9942 | 9093 | 2906 | 6529 | 9701 | 429 | 212418 |
| 337 | Kota Samarinda | 12576 | 10940 | 2717 | 8265 | 12097 | 518 | 199515 |
| 338 | Kota Bontang | 3651 | 2603 | 498 | 2787 | 2952 | 296 | 39293 |
| 339 | Kabupaten Banggai Kepulauan | 1021 | 2049 | 225 | 1560 | 1585 | 78 | 26016 |
| 340 | Kabupaten Banggai | 3110 | 4430 | 400 | 4177 | 5812 | 169 | 89411 |
| 341 | Kabupaten Morowali | 2920 | 2851 | 1035 | 3069 | 3579 | 156 | 38980 |
| 342 | Kabupaten Poso | 594 | 2300 | 386 | 2706 | 3581 | 150 | 26213 |
| 343 | Kabupaten Donggala | 5452 | 5433 | 1161 | 4708 | 5074 | 271 | 44636 |
| 344 | Kabupaten Toli-Toli | 4424 | 3930 | 1389 | 3432 | 3681 | 124 | 42852 |
| 345 | Kabupaten Buol | 3059 | 3184 | 673 | 2722 | 2916 | 132 | 27619 |
| 346 | Kabupaten Parigi Moutong | 6618 | 5957 | 2506 | 7175 | 7085 | 304 | 88721 |
| 347 | Kabupaten Tojo Una-Una | 2181 | 2664 | 521 | 2237 | 1982 | 81 | 38285 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 348 | Kabupaten Sigi | 1749 | 3978 | 1041 | 3231 | 4006 | 242 | 61671 |
| 349 | Kabupaten Banggai Laut | 900 | 1083 | 553 | 1495 | 1045 | 97 | 13540 |
| 350 | Kabupaten Morowali Utara | 368 | 1573 | 505 | 1805 | 2583 | 74 | 56101 |
| 351 | Kota Palu | 7495 | 6691 | 1406 | 6785 | 7503 | 272 | 141834 |
| 352 | Kabupaten Boalemo | 3031 | 3499 | 448 | 1655 | 2240 | 191 | 32870 |
| 353 | Kabupaten Gorontalo | 787 | 6252 | 2284 | 6626 | 6133 | 319 | 94210 |
| 354 | Kabupaten Pahuwato | 2390 | 2758 | 1227 | 2430 | 2593 | 425 | 32311 |
| 355 | Kabupaten Bone Bolango | 2051 | 1662 | 844 | 1290 | 2203 | 108 | 40101 |
| 356 | Kabupaten Gorontalo Utara | 1970 | 1282 | 384 | 949 | 1985 | 186 | 29975 |
| 357 | Kota Gorontalo | 3143 | 3034 | 1970 | 2885 | 2719 | 159 | 54955 |
| 358 | Kabupaten Fakfak | 136 | 1776 | 374 | 1068 | 0 | 136 | 18758 |
| 359 | Kabupaten Kaimana | 5 | 1154 | 320 | 1035 | 0 | 57 | 13794 |
| 360 | Kabupaten Teluk Wondama | 42 | 340 | 239 | 533 | 0 | 29 | 8039 |
| 361 | Kabupaten Teluk Bintuni | 0 | 2654 | 72 | 1236 | 0 | 141 | 13419 |
| 362 | Kabupaten Manokwari | 52 | 5204 | 1525 | 3609 | 0 | 169 | 32981 |
| 363 | Kabupaten Sorong Selatan | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8019 |
| 364 | Kabupaten Sorong | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27164 |
| 365 | Kabupaten Raja Ampat | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16499 |
| 366 | Kabupaten Tambrauw | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3814 |
| 367 | Kabupaten Maybrat | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8771 |
| 368 | Kabupaten Manokwari Selatan | 6 | 861 | 74 | 498 | 0 | 15 | 8919 |
| 369 | Kabupaten Pegunungan Arfak | 0 | 0 | 18 | 12 | 0 | 4 | 6437 |
| 370 | Kota Sorong | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 78578 |
| 371 | Kabupaten Merauke | 3835 | 3829 | 1329 | 3870 | 3861 | 366 | 48715 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 372 | Kabupaten Jayawijaya | 1468 | 372 | 1006 | 0 | 1069 | 0 | 3258 |
| 373 | Kabupaten Jayapura | 2284 | 1646 | 302 | 2321 | 3052 | 40 | 116302 |
| 374 | Kabupaten Nabire | 1802 | 764 | 606 | 0 | 2570 | 68 | 20462 |
| 375 | Kabupaten Kepulauan Yapen | 2175 | 1821 | 1000 | 2279 | 1863 | 28 | 9727 |
| 376 | Kabupaten Biak Numfor | 1535 | 1248 | 0 | 3036 | 2195 | 146 | 28700 |
| 377 | Kabupaten Paniai | 361 | 65 | 65 | 0 | 348 | 0 | 14536 |
| 378 | Kabupaten Puncak Jaya | 286 | 0 | 0 | 0 | 112 | 1 | 755 |
| 379 | Kabupaten Mimika | 977 | 1992 | 0 | 3404 | 3998 | 40 | 28077 |
| 380 | Kabupaten Boven Digoel | 768 | 1160 | 620 | 843 | 1443 | 97 | 31079 |
| 381 | Kabupaten Mappi | 69 | 139 | 0 | 0 | 2169 | 61 | 3451 |
| 382 | Kabupaten Asmat | 344 | 0 | 1866 | 0 | 925 | 53 | 11734 |
| 383 | Kabupaten Yahukimo | 0 | 0 | 0 | 0 | 64 | 0 | 177 |
| 384 | Kabupaten Pegunungan Bintang | 0 | 466 | 0 | 0 | 93 | 2 | 1796 |
| 385 | Kabupaten Talikora | 0 | 622 | 3488 | 3488 | 192 | 0 | 0 |
| 386 | Kabupaten Sarmi | 0 | 0 | 0 | 0 | 729 | 85 | 6386 |
| 387 | Kabupaten Keerom | 411 | 340 | 800 | 0 | 1214 | 107 | 7878 |
| 388 | Kabupaten Waropen | 9 | 9 | 7 | 0 | 429 | 78 | 2750 |
| 389 | Kabupaten Supiori | 79 | 56 | 183 | 0 | 380 | 3 | 2468 |
| 390 | Kabupaten Mamberamo Raya | 325 | 0 | 0 | 0 | 36 | 0 | 2388 |
| 391 | Kabupaten Nduga | 73 | 0 | 0 | 0 | 111 | 0 | 398 |
| 392 | Kabupaten Lanny Jaya | 544 | 239 | 588 | 0 | 417 | 6 | 2179 |
| 393 | Kabupaten Mamberamo Tengah | 29 | 11 | 40 | 0 | 360 | 1 | 4056 |
| 394 | Kabupaten Yalimo | 10 | 0 | 0 | 0 | 191 | 0 | 172 |
| 395 | Kabupaten Puncak | 304 | 127 | 528 | 0 | 47 | 0 | 5288 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 396 | Kabupaten Dogiyai | 0 | 0 | 0 | 0 | 195 | 0 | 1954 |
| 397 | Kabupaten Intan Jaya | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 | 0 | 1018 |
| 398 | Kabupaten Deiyai | 0 | 0 | 0 | 0 | 106 | 0 | 830 |
| 399 | Kota Jayapura | 1631 | 1009 | 1475 | 0 | 5984 | 41 | 100033 |

**Lampiran 2.** Standardisasi Data

| No | Kabupaten/Kota | Jumlah Ibu Hamil Penerima Tablet Tambah Darah | Jumlah Bayi Menerima Inisiasi Menyusui Dini | Jumlah Bayi Usia Kurang Dari 6 Bulan Penerima ASI Ekslusif | Jumlah Bayi Penerima Vitamin A | Jumlah Bayi Menerima Imunisasi Dasar Lengkap | Jumlah Bayi BBLR | Jumlah Keluarga Dengan Akses Fasilitas Sanitasi Layak |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Kabupaten Aceh Selatan | -0,433 | -0,485 | -0,427 | -0,460 | -0,671 | 0,168 | -0,576 |
| 2 | Kabupaten Aceh Tenggara | -0,452 | -0,455 | -0,463 | -0,511 | -0,384 | -0,442 | -0,667 |
| 3 | Kabupaten Aceh Timur | -0,076 | 0,017 | -0,267 | -0,260 | -0,525 | 0,422 | -0,277 |
| 4 | Kabupaten Aceh Tengah | -0,421 | -0,420 | -0,376 | -0,511 | -0,535 | -0,141 | -0,529 |
| 5 | Kabupaten Aceh Barat | -0,561 | -0,508 | -0,456 | -0,522 | -0,697 | -0,316 | -0,549 |
| 6 | Kabupaten Aceh Besar | -0,187 | -0,371 | -0,291 | -0,291 | -0,498 | 0,480 | -0,242 |
| 7 | Kabupaten Pidie | -0,287 | -0,288 | -0,366 | -0,227 | -0,751 | 0,818 | -0,343 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 393 | Kabupaten Mamberamo Tengah | -0,747 | -0,729 | -0,591 | -0,674 | -0,752 | -0,821 | -0,777 |
| 394 | Kabupaten Yalimo | -0,749 | -0,730 | -0,598 | -0,674 | -0,767 | -0,824 | -0,798 |
| 395 | Kabupaten Puncak | -0,722 | -0,717 | -0,507 | -0,674 | -0,780 | -0,824 | -0,770 |
| 396 | Kabupaten Dogiyai | -0,750 | -0,730 | -0,598 | -0,674 | -0,767 | -0,824 | -0,788 |
| 397 | Kabupaten Intan Jaya | -0,750 | -0,730 | -0,598 | -0,674 | -0,782 | -0,824 | -0,793 |
| 398 | Kabupaten Deiyai | -0,750 | -0,730 | -0,598 | -0,674 | -0,775 | -0,824 | -0,794 |
| 399 | Kota Jayapura | -0,603 | -0,625 | -0,346 | -0,674 | -0,249 | -0,704 | -0,261 |

**Lampiran 3.** Matriks Partisi ***U*** *Random* FCM

| No | Kabupaten/Kota | *Cluster* 1 | *Cluster 2* | *Cluster* 3 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Kabupaten Aceh Selatan | 0,288 | 0,991 | 0,361 |
| 2 | Kabupaten Aceh Tenggara | 0,788 | 0,986 | 0,259 |
| 3 | Kabupaten Aceh Timur | 0,409 | 0,137 | 0,471 |
| 4 | Kabupaten Aceh Tengah | 0,883 | 0,905 | 0,366 |
| 5 | Kabupaten Aceh Barat | 0,940 | 0,576 | 0,121 |
| 6 | Kabupaten Aceh Besar | 0,046 | 0,395 | 0,047 |
| 7 | Kabupaten Pidie | 0,528 | 0,450 | 0,263 |
| 8 | Kabupaten Aceh Utara | 0,892 | 0,707 | 0,969 |
| 9 | Kabupaten Simeulue | 0,551 | 0,083 | 0,488 |
| 10 | Kabupaten Aceh Singkil | 0,457 | 0,339 | 0,478 |
| 11 | Kabupaten Bireuen | 0,957 | 0,681 | 0,749 |
| 12 | Kabupaten Aceh Barat Daya | 0,453 | 0,317 | 0,668 |
| 13 | Kabupaten Gayo Lues | 0,678 | 0,832 | 0,049 |
| 14 | Kabupaten Aceh Jaya | 0,573 | 0,215 | 0,695 |
| 15 | Kabupaten Nagan Raya | 0,103 | 0,498 | 0,363 |
| 16 | Kabupaten Aceh Tamiang | 0,900 | 0,276 | 0,884 |
| 17 | Kabupaten Bener Meriah | 0,246 | 0,192 | 0,775 |
| 18 | Kabupaten Pidie Jaya | 0,042 | 0,951 | 0,139 |
| 19 | Kota Banda Aceh | 0,328 | 0,322 | 0,295 |
| 20 | Kota Sabang | 0,955 | 0,478 | 0,126 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 386 | Kabupaten Sarmi | 0,914 | 0,812 | 0,866 |
| 387 | Kabupaten Keerom | 0,185 | 0,461 | 0,800 |
| 388 | Kabupaten Waropen | 0,282 | 0,203 | 0,135 |
| 389 | Kabupaten Supiori | 0,095 | 0,019 | 0,387 |
| 390 | Kabupaten Mamberamo Raya | 0,210 | 0,283 | 0,788 |
| 391 | Kabupaten Nduga | 0,977 | 0,915 | 0,693 |
| 392 | Kabupaten Lanny Jaya | 0,296 | 0,934 | 0,594 |
| 393 | Kabupaten Mamberamo Tengah | 0,726 | 0,543 | 0,124 |
| 394 | Kabupaten Yalimo | 0,786 | 0,219 | 0,555 |
| 395 | Kabupaten Puncak | 0,105 | 0,489 | 0,449 |
| 396 | Kabupaten Dogiyai | 0,240 | 0,801 | 0,766 |
| 397 | Kabupaten Intan Jaya | 0,271 | 0,408 | 0,026 |
| 398 | Kabupaten Deiyai | 0,101 | 0,104 | 0,195 |
| 399 | Kota Jayapura | 0,118 | 0,281 | 0,881 |

**Lampiran 4.** Matriks Partisi ***U*** Normalisasi FCM

| No | Kabupaten/Kota | *Cluster* 1 | *Cluster 2* | *Cluster* 3 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Kabupaten Aceh Selatan | 0,175 | 0,604 | 0,220 |
| 2 | Kabupaten Aceh Tenggara | 0,388 | 0,485 | 0,127 |
| 3 | Kabupaten Aceh Timur | 0,402 | 0,135 | 0,463 |
| 4 | Kabupaten Aceh Tengah | 0,410 | 0,420 | 0,170 |
| 5 | Kabupaten Aceh Barat | 0,574 | 0,352 | 0,074 |
| 6 | Kabupaten Aceh Besar | 0,093 | 0,810 | 0,096 |
| 7 | Kabupaten Pidie | 0,426 | 0,363 | 0,212 |
| 8 | Kabupaten Aceh Utara | 0,348 | 0,275 | 0,377 |
| 9 | Kabupaten Simeulue | 0,491 | 0,074 | 0,435 |
| 10 | Kabupaten Aceh Singkil | 0,358 | 0,266 | 0,375 |
| 11 | Kabupaten Bireuen | 0,401 | 0,285 | 0,314 |
| 12 | Kabupaten Aceh Barat Daya | 0,315 | 0,220 | 0,464 |
| 13 | Kabupaten Gayo Lues | 0,435 | 0,534 | 0,032 |
| 14 | Kabupaten Aceh Jaya | 0,386 | 0,145 | 0,469 |
| 15 | Kabupaten Nagan Raya | 0,107 | 0,516 | 0,377 |
| 16 | Kabupaten Aceh Tamiang | 0,437 | 0,134 | 0,429 |
| 17 | Kabupaten Bener Meriah | 0,203 | 0,158 | 0,639 |
| 18 | Kabupaten Pidie Jaya | 0,037 | 0,840 | 0,123 |
| 19 | Kota Banda Aceh | 0,347 | 0,341 | 0,312 |
| 20 | Kota Sabang | 0,612 | 0,307 | 0,081 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 386 | Kabupaten Sarmi | 0,353 | 0,313 | 0,334 |
| 387 | Kabupaten Keerom | 0,128 | 0,319 | 0,553 |
| 388 | Kabupaten Waropen | 0,455 | 0,328 | 0,218 |
| 389 | Kabupaten Supiori | 0,189 | 0,037 | 0,773 |
| 390 | Kabupaten Mamberamo Raya | 0,164 | 0,221 | 0,615 |
| 391 | Kabupaten Nduga | 0,378 | 0,354 | 0,268 |
| 392 | Kabupaten Lanny Jaya | 0,162 | 0,512 | 0,326 |
| 393 | Kabupaten Mamberamo Tengah | 0,521 | 0,390 | 0,089 |
| 394 | Kabupaten Yalimo | 0,504 | 0,141 | 0,356 |
| 395 | Kabupaten Puncak | 0,101 | 0,469 | 0,430 |
| 396 | Kabupaten Dogiyai | 0,133 | 0,443 | 0,424 |
| 397 | Kabupaten Intan Jaya | 0,384 | 0,579 | 0,037 |
| 398 | Kabupaten Deiyai | 0,253 | 0,259 | 0,488 |
| 399 | Kota Jayapura | 0,092 | 0,219 | 0,689 |

**Lampiran 5.** Matriks Pusat *Cluster* ***V*** FCM Iterasi Pertama

| *Cluster* Ke- | Jumlah Ibu Hamil Penerima Tablet Tambah Darah | Jumlah Bayi Menerima Inisiasi Menyusui Dini | Jumlah Bayi Usia Kurang Dari 6 Bulan Penerima ASI Ekslusif | Jumlah Bayi Penerima Vitamin A | Jumlah Bayi Menerima Imunisasi Dasar Lengkap | Jumlah Bayi BBLR | Jumlah Keluarga Dengan Akses Fasilitas Sanitasi Layak |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | -0,010 | -0,009 | -0,045 | -0,038 | -0,020 | -0,010 | -0,041 |
| 2 | 0,056 | 0,050 | 0,065 | 0,150 | 0,073 | 0,100 | 0,059 |
| 3 | -0,044 | -0,049 | -0,037 | -0,076 | -0,050 | -0,059 | -0,023 |

**Lampiran 6.** Perbaikan Matriks Partisi ***U*** FCM Iterasi Pertama

| No | Kabupaten/Kota | *Cluster* 1 | *Cluster 2* | *Cluster* 3 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Kabupaten Aceh Selatan | 0,362 | 0,253 | 0,385 |
| 2 | Kabupaten Aceh Tenggara | 0,362 | 0,241 | 0,397 |
| 3 | Kabupaten Aceh Timur | 0,374 | 0,258 | 0,367 |
| 4 | Kabupaten Aceh Tengah | 0,364 | 0,234 | 0,402 |
| 5 | Kabupaten Aceh Barat | 0,359 | 0,248 | 0,393 |
| 6 | Kabupaten Aceh Besar | 0,365 | 0,260 | 0,376 |
| 7 | Kabupaten Pidie | 0,353 | 0,296 | 0,352 |
| 8 | Kabupaten Aceh Utara | 0,385 | 0,248 | 0,368 |
| 9 | Kabupaten Simeulue | 0,356 | 0,260 | 0,385 |
| 10 | Kabupaten Aceh Singkil | 0,358 | 0,252 | 0,390 |
| 11 | Kabupaten Bireuen | 0,347 | 0,316 | 0,336 |
| 12 | Kabupaten Aceh Barat Daya | 0,359 | 0,249 | 0,392 |
| 13 | Kabupaten Gayo Lues | 0,357 | 0,257 | 0,386 |
| 14 | Kabupaten Aceh Jaya | 0,357 | 0,255 | 0,388 |
| 15 | Kabupaten Nagan Raya | 0,360 | 0,247 | 0,394 |
| 16 | Kabupaten Aceh Tamiang | 0,369 | 0,235 | 0,396 |
| 17 | Kabupaten Bener Meriah | 0,361 | 0,248 | 0,391 |
| 18 | Kabupaten Pidie Jaya | 0,360 | 0,250 | 0,390 |
| 19 | Kota Banda Aceh | 0,366 | 0,227 | 0,407 |
| 20 | Kota Sabang | 0,362 | 0,253 | 0,385 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 386 | Kabupaten Sarmi | 0,354 | 0,266 | 0,380 |
| 387 | Kabupaten Keerom | 0,355 | 0,262 | 0,383 |
| 388 | Kabupaten Waropen | 0,354 | 0,267 | 0,379 |
| 389 | Kabupaten Supiori | 0,353 | 0,269 | 0,379 |
| 390 | Kabupaten Mamberamo Raya | 0,353 | 0,269 | 0,378 |
| 391 | Kabupaten Nduga | 0,353 | 0,270 | 0,378 |
| 392 | Kabupaten Lanny Jaya | 0,353 | 0,267 | 0,380 |
| 393 | Kabupaten Mamberamo Tengah | 0,353 | 0,269 | 0,378 |
| 394 | Kabupaten Yalimo | 0,353 | 0,270 | 0,378 |
| 395 | Kabupaten Puncak | 0,353 | 0,268 | 0,379 |
| 396 | Kabupaten Dogiyai | 0,353 | 0,269 | 0,378 |
| 397 | Kabupaten Intan Jaya | 0,352 | 0,270 | 0,378 |
| 398 | Kabupaten Deiyai | 0,352 | 0,270 | 0,378 |
| 399 | Kota Jayapura | 0,354 | 0,247 | 0,398 |

**Lampiran 7.** Matriks Partisi ***U*** Akhir FCM

| No | Kabupaten/Kota | *Cluster* 1 | *Cluster 2* | *Cluster* 3 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Kabupaten Aceh Selatan | 0,055 | 0,006 | 0,939 |
| 2 | Kabupaten Aceh Tenggara | 0,008 | 0,001 | 0,991 |
| 3 | Kabupaten Aceh Timur | 0,207 | 0,016 | 0,777 |
| 4 | Kabupaten Aceh Tengah | 0,015 | 0,002 | 0,983 |
| 5 | Kabupaten Aceh Barat | 0,015 | 0,002 | 0,983 |
| 6 | Kabupaten Aceh Besar | 0,167 | 0,014 | 0,819 |
| 7 | Kabupaten Pidie | 0,236 | 0,022 | 0,742 |
| 8 | Kabupaten Aceh Utara | 0,228 | 0,016 | 0,756 |
| 9 | Kabupaten Simeulue | 0,026 | 0,004 | 0,970 |
| 10 | Kabupaten Aceh Singkil | 0,015 | 0,002 | 0,983 |
| 11 | Kabupaten Bireuen | 0,357 | 0,028 | 0,615 |
| 12 | Kabupaten Aceh Barat Daya | 0,014 | 0,002 | 0,984 |
| 13 | Kabupaten Gayo Lues | 0,022 | 0,003 | 0,975 |
| 14 | Kabupaten Aceh Jaya | 0,022 | 0,003 | 0,975 |
| 15 | Kabupaten Nagan Raya | 0,012 | 0,002 | 0,986 |
| 16 | Kabupaten Aceh Tamiang | 0,074 | 0,007 | 0,919 |
| 17 | Kabupaten Bener Meriah | 0,025 | 0,003 | 0,971 |
| 18 | Kabupaten Pidie Jaya | 0,022 | 0,003 | 0,976 |
| 19 | Kota Banda Aceh | 0,029 | 0,003 | 0,968 |
| 20 | Kota Sabang | 0,039 | 0,006 | 0,954 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 386 | Kabupaten Sarmi | 0,041 | 0,006 | 0,953 |
| 387 | Kabupaten Keerom | 0,032 | 0,005 | 0,963 |
| 388 | Kabupaten Waropen | 0,042 | 0,007 | 0,951 |
| 389 | Kabupaten Supiori | 0,047 | 0,008 | 0,945 |
| 390 | Kabupaten Mamberamo Raya | 0,049 | 0,008 | 0,943 |
| 391 | Kabupaten Nduga | 0,050 | 0,008 | 0,942 |
| 392 | Kabupaten Lanny Jaya | 0,043 | 0,007 | 0,950 |
| 393 | Kabupaten Mamberamo Tengah | 0,048 | 0,008 | 0,944 |
| 394 | Kabupaten Yalimo | 0,050 | 0,008 | 0,942 |
| 395 | Kabupaten Puncak | 0,046 | 0,007 | 0,947 |
| 396 | Kabupaten Dogiyai | 0,049 | 0,008 | 0,943 |
| 397 | Kabupaten Intan Jaya | 0,050 | 0,008 | 0,942 |
| 398 | Kabupaten Deiyai | 0,050 | 0,008 | 0,942 |
| 399 | Kota Jayapura | 0,035 | 0,005 | 0,961 |

**Lampiran 8.** Matriks Pusat *Cluster* ***V*** Akhir FCM

| ***Cluster* Ke-** | **Jumlah Ibu Hamil Penerima Tablet Tambah Darah** | **Jumlah Bayi Menerima Inisiasi Menyusui Dini** | **Jumlah Bayi Usia Kurang Dari 6 Bulan Penerima ASI Ekslusif** | **Jumlah Bayi Penerima Vitamin A** | **Jumlah Bayi Menerima Imunisasi Dasar Lengkap** | **Jumlah Bayi BBLR** | **Jumlah Keluarga Dengan Akses Fasilitas Sanitasi Layak** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,502 | 0,542 | 0,403 | 0,451 | 0,596 | 0,917 | 0,825 |
| 2 | 3,042 | 3,015 | 1,982 | 2,680 | 2,987 | 1,640 | 2,854 |
| 3 | -0,423 | -0,428 | -0,331 | -0,382 | -0,455 | -0,444 | -0,501 |

**Lampiran 9.** Matriks Kekhasan Absolut ***T*** PFCM Iterasi Pertama

| **No** | **Kabupaten/Kota** | ***Cluster* 1** | ***Cluster 2*** | ***Cluster* 3** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Kabupaten Aceh Selatan | 0,048 | 0,027 | 0,158 |
| 2 | Kabupaten Aceh Tenggara | 0,043 | 0,026 | 0,550 |
| 3 | Kabupaten Aceh Timur | 0,083 | 0,032 | 0,068 |
| 4 | Kabupaten Aceh Tengah | 0,049 | 0,027 | 0,415 |
| 5 | Kabupaten Aceh Barat | 0,041 | 0,025 | 0,377 |
| 6 | Kabupaten Aceh Besar | 0,073 | 0,030 | 0,078 |
| 7 | Kabupaten Pidie | 0,065 | 0,029 | 0,045 |
| 8 | Kabupaten Aceh Utara | 0,094 | 0,033 | 0,069 |
| 9 | Kabupaten Simeulue | 0,035 | 0,024 | 0,224 |
| 10 | Kabupaten Aceh Singkil | 0,039 | 0,025 | 0,361 |
| 11 | Kabupaten Bireuen | 0,080 | 0,032 | 0,031 |
| 12 | Kabupaten Aceh Barat Daya | 0,041 | 0,025 | 0,394 |
| 13 | Kabupaten Gayo Lues | 0,036 | 0,024 | 0,266 |
| 14 | Kabupaten Aceh Jaya | 0,037 | 0,025 | 0,274 |
| 15 | Kabupaten Nagan Raya | 0,041 | 0,025 | 0,424 |
| 16 | Kabupaten Aceh Tamiang | 0,061 | 0,029 | 0,149 |
| 17 | Kabupaten Bener Meriah | 0,044 | 0,026 | 0,275 |
| 18 | Kabupaten Pidie Jaya | 0,041 | 0,025 | 0,295 |
| 19 | Kota Banda Aceh | 0,055 | 0,028 | 0,293 |
| 20 | Kota Sabang | 0,031 | 0,023 | 0,144 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 386 | Kabupaten Sarmi | 0,031 | 0,023 | 0,141 |
| 387 | Kabupaten Keerom | 0,033 | 0,024 | 0,182 |
| 388 | Kabupaten Waropen | 0,031 | 0,023 | 0,134 |
| 389 | Kabupaten Supiori | 0,029 | 0,023 | 0,116 |
| 390 | Kabupaten Mamberamo Raya | 0,029 | 0,023 | 0,111 |
| 391 | Kabupaten Nduga | 0,029 | 0,023 | 0,109 |
| 392 | Kabupaten Lanny Jaya | 0,030 | 0,023 | 0,129 |
| 393 | Kabupaten Mamberamo Tengah | 0,029 | 0,023 | 0,113 |
| 394 | Kabupaten Yalimo | 0,029 | 0,023 | 0,109 |
| 395 | Kabupaten Puncak | 0,030 | 0,023 | 0,120 |
| 396 | Kabupaten Dogiyai | 0,029 | 0,023 | 0,110 |
| 397 | Kabupaten Intan Jaya | 0,029 | 0,023 | 0,108 |
| 398 | Kabupaten Deiyai | 0,029 | 0,023 | 0,109 |
| 399 | Kota Jayapura | 0,041 | 0,026 | 0,205 |

**Lampiran 10.** Matriks Pusat *Cluster* $\boldsymbol{V}$ PFCM Iterasi Pertama

| ***Cluster* Ke-** | **Jumlah Ibu Hamil Penerima Tablet Tambah Darah** | **Jumlah Bayi Menerima Inisiasi Menyusui Dini** | **Jumlah Bayi Usia Kurang Dari 6 Bulan Penerima ASI Ekslusif** | **Jumlah Bayi Penerima Vitamin A** | **Jumlah Bayi Menerima Imunisasi Dasar Lengkap** | **Jumlah Bayi BBLR** | **Jumlah Keluarga Dengan Akses Fasilitas Sanitasi Layak** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,426 | 0,445 | 0,326 | 0,390 | 0,500 | 0,863 | 0,762 |
| 2 | 2,477 | 2,450 | 1,505 | 2,115 | 2,461 | 1,311 | 2,373 |
| 3 | -0,446 | -0,445 | -0,356 | -0,397 | -0,480 | -0,450 | -0,515 |

**Lampiran 11.** Perbaikan Matriks Kekhasan Relatif ***U*** PFCM Iterasi Pertama

| **No** | **Kabupaten/Kota** | ***Cluster* 1** | ***Cluster 2*** | ***Cluster* 3** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Kabupaten Aceh Selatan | 0,121 | 0,871 | 0,008 |
| 2 | Kabupaten Aceh Tenggara | 0,135 | 0,864 | 0,001 |
| 3 | Kabupaten Aceh Timur | 0,083 | 0,889 | 0,028 |
| 4 | Kabupaten Aceh Tengah | 0,123 | 0,875 | 0,002 |
| 5 | Kabupaten Aceh Barat | 0,136 | 0,862 | 0,002 |
| 6 | Kabupaten Aceh Besar | 0,089 | 0,888 | 0,023 |
| 7 | Kabupaten Pidie | 0,097 | 0,866 | 0,037 |
| 8 | Kabupaten Aceh Utara | 0,074 | 0,897 | 0,029 |
| 9 | Kabupaten Simeulue | 0,150 | 0,846 | 0,004 |
| 10 | Kabupaten Aceh Singkil | 0,140 | 0,858 | 0,002 |
| 11 | Kabupaten Bireuen | 0,083 | 0,858 | 0,059 |
| 12 | Kabupaten Aceh Barat Daya | 0,137 | 0,861 | 0,002 |
| 13 | Kabupaten Gayo Lues | 0,148 | 0,849 | 0,003 |
| 14 | Kabupaten Aceh Jaya | 0,144 | 0,853 | 0,003 |
| 15 | Kabupaten Nagan Raya | 0,137 | 0,862 | 0,002 |
| 16 | Kabupaten Aceh Tamiang | 0,104 | 0,886 | 0,010 |
| 17 | Kabupaten Bener Meriah | 0,129 | 0,867 | 0,003 |
| 18 | Kabupaten Pidie Jaya | 0,135 | 0,862 | 0,003 |
| 19 | Kota Banda Aceh | 0,113 | 0,883 | 0,004 |
| 20 | Kota Sabang | 0,160 | 0,834 | 0,006 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 386 | Kabupaten Sarmi | 0,158 | 0,835 | 0,007 |
| 387 | Kabupaten Keerom | 0,153 | 0,842 | 0,005 |
| 388 | Kabupaten Waropen | 0,159 | 0,834 | 0,007 |
| 389 | Kabupaten Supiori | 0,165 | 0,827 | 0,008 |
| 390 | Kabupaten Mamberamo Raya | 0,166 | 0,826 | 0,009 |
| 391 | Kabupaten Nduga | 0,166 | 0,825 | 0,009 |
| 392 | Kabupaten Lanny Jaya | 0,163 | 0,829 | 0,007 |
| 393 | Kabupaten Mamberamo Tengah | 0,165 | 0,826 | 0,008 |
| 394 | Kabupaten Yalimo | 0,166 | 0,825 | 0,009 |
| 395 | Kabupaten Puncak | 0,164 | 0,828 | 0,008 |
| 396 | Kabupaten Dogiyai | 0,166 | 0,825 | 0,009 |
| 397 | Kabupaten Intan Jaya | 0,166 | 0,825 | 0,009 |
| 398 | Kabupaten Deiyai | 0,166 | 0,825 | 0,009 |
| 399 | Kota Jayapura | 0,139 | 0,856 | 0,006 |

**Lampiran 12.** Perbaikan Matriks Kekhasan Absolut ***T*** PFCM Iterasi Pertama

| **No** | **Kabupaten/Kota** | ***Cluster* 1** | ***Cluster 2*** | ***Cluster* 3** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Kabupaten Aceh Selatan | 0,299 | 0,091 | 0,917 |
| 2 | Kabupaten Aceh Tenggara | 0,270 | 0,090 | 0,988 |
| 3 | Kabupaten Aceh Timur | 0,441 | 0,111 | 0,800 |
| 4 | Kabupaten Aceh Tengah | 0,300 | 0,092 | 0,977 |
| 5 | Kabupaten Aceh Barat | 0,262 | 0,087 | 0,978 |
| 6 | Kabupaten Aceh Besar | 0,409 | 0,105 | 0,824 |
| 7 | Kabupaten Pidie | 0,373 | 0,101 | 0,728 |
| 8 | Kabupaten Aceh Utara | 0,483 | 0,115 | 0,802 |
| 9 | Kabupaten Simeulue | 0,227 | 0,081 | 0,953 |
| 10 | Kabupaten Aceh Singkil | 0,251 | 0,085 | 0,976 |
| 11 | Kabupaten Bireuen | 0,429 | 0,110 | 0,646 |
| 12 | Kabupaten Aceh Barat Daya | 0,260 | 0,086 | 0,979 |
| 13 | Kabupaten Gayo Lues | 0,232 | 0,082 | 0,962 |
| 14 | Kabupaten Aceh Jaya | 0,241 | 0,083 | 0,964 |
| 15 | Kabupaten Nagan Raya | 0,261 | 0,087 | 0,982 |
| 16 | Kabupaten Aceh Tamiang | 0,357 | 0,099 | 0,906 |
| 17 | Kabupaten Bener Meriah | 0,277 | 0,088 | 0,960 |
| 18 | Kabupaten Pidie Jaya | 0,263 | 0,087 | 0,966 |
| 19 | Kota Banda Aceh | 0,330 | 0,096 | 0,958 |
| 20 | Kota Sabang | 0,207 | 0,078 | 0,917 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 386 | Kabupaten Sarmi | 0,208 | 0,078 | 0,915 |
| 387 | Kabupaten Keerom | 0,220 | 0,080 | 0,937 |
| 388 | Kabupaten Waropen | 0,205 | 0,077 | 0,911 |
| 389 | Kabupaten Supiori | 0,196 | 0,076 | 0,894 |
| 390 | Kabupaten Mamberamo Raya | 0,195 | 0,076 | 0,890 |
| 391 | Kabupaten Nduga | 0,194 | 0,076 | 0,887 |
| 392 | Kabupaten Lanny Jaya | 0,200 | 0,077 | 0,905 |
| 393 | Kabupaten Mamberamo Tengah | 0,195 | 0,076 | 0,892 |
| 394 | Kabupaten Yalimo | 0,194 | 0,076 | 0,887 |
| 395 | Kabupaten Puncak | 0,198 | 0,077 | 0,898 |
| 396 | Kabupaten Dogiyai | 0,194 | 0,076 | 0,888 |
| 397 | Kabupaten Intan Jaya | 0,193 | 0,076 | 0,886 |
| 398 | Kabupaten Deiyai | 0,194 | 0,076 | 0,887 |
| 399 | Kota Jayapura | 0,262 | 0,089 | 0,938 |

**Lampiran 13.** Matriks Kekhasan Relatif ***U*** Akhir PFCM

| No | Kabupaten/Kota | *Cluster* 1 | *Cluster 2* | *Cluster* 3 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Kabupaten Aceh Selatan | 0,051 | 0,006 | 0,942 |
| 2 | Kabupaten Aceh Tenggara | 0,009 | 0,001 | 0,990 |
| 3 | Kabupaten Aceh Timur | 0,185 | 0,015 | 0,800 |
| 4 | Kabupaten Aceh Tengah | 0,014 | 0,002 | 0,984 |
| 5 | Kabupaten Aceh Barat | 0,016 | 0,002 | 0,981 |
| 6 | Kabupaten Aceh Besar | 0,149 | 0,013 | 0,838 |
| 7 | Kabupaten Pidie | 0,218 | 0,021 | 0,761 |
| 8 | Kabupaten Aceh Utara | 0,201 | 0,015 | 0,784 |
| 9 | Kabupaten Simeulue | 0,029 | 0,004 | 0,967 |
| 10 | Kabupaten Aceh Singkil | 0,017 | 0,002 | 0,981 |
| 11 | Kabupaten Bireuen | 0,332 | 0,028 | 0,640 |
| 12 | Kabupaten Aceh Barat Daya | 0,015 | 0,002 | 0,983 |
| 13 | Kabupaten Gayo Lues | 0,024 | 0,004 | 0,973 |
| 14 | Kabupaten Aceh Jaya | 0,024 | 0,003 | 0,973 |
| 15 | Kabupaten Nagan Raya | 0,014 | 0,002 | 0,984 |
| 16 | Kabupaten Aceh Tamiang | 0,065 | 0,007 | 0,928 |
| 17 | Kabupaten Bener Meriah | 0,025 | 0,003 | 0,972 |
| 18 | Kabupaten Pidie Jaya | 0,022 | 0,003 | 0,975 |
| 19 | Kota Banda Aceh | 0,025 | 0,003 | 0,972 |
| 20 | Kota Sabang | 0,042 | 0,007 | 0,951 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 386 | Kabupaten Sarmi | 0,043 | 0,007 | 0,950 |
| 387 | Kabupaten Keerom | 0,035 | 0,005 | 0,960 |
| 388 | Kabupaten Waropen | 0,045 | 0,007 | 0,948 |
| 389 | Kabupaten Supiori | 0,049 | 0,008 | 0,942 |
| 390 | Kabupaten Mamberamo Raya | 0,051 | 0,009 | 0,940 |
| 391 | Kabupaten Nduga | 0,052 | 0,009 | 0,939 |
| 392 | Kabupaten Lanny Jaya | 0,045 | 0,008 | 0,947 |
| 393 | Kabupaten Mamberamo Tengah | 0,051 | 0,009 | 0,941 |
| 394 | Kabupaten Yalimo | 0,052 | 0,009 | 0,939 |
| 395 | Kabupaten Puncak | 0,048 | 0,008 | 0,944 |
| 396 | Kabupaten Dogiyai | 0,052 | 0,009 | 0,940 |
| 397 | Kabupaten Intan Jaya | 0,052 | 0,009 | 0,939 |
| 398 | Kabupaten Deiyai | 0,052 | 0,009 | 0,939 |
| 399 | Kota Jayapura | 0,035 | 0,005 | 0,961 |

**Lampiran 14.** Matriks Kekhasan Absolut ***T*** Akhir PFCM

| No | Kabupaten/Kota | *Cluster* 1 | *Cluster 2* | *Cluster* 3 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Kabupaten Aceh Selatan | 0,006 | 0,001 | 0,105 |
| 2 | Kabupaten Aceh Tenggara | 0,001 | 0,000 | 0,101 |
| 3 | Kabupaten Aceh Timur | 0,030 | 0,003 | 0,116 |
| 4 | Kabupaten Aceh Tengah | 0,002 | 0,000 | 0,101 |
| 5 | Kabupaten Aceh Barat | 0,002 | 0,000 | 0,102 |
| 6 | Kabupaten Aceh Besar | 0,022 | 0,002 | 0,114 |
| 7 | Kabupaten Pidie | 0,037 | 0,004 | 0,119 |
| 8 | Kabupaten Aceh Utara | 0,033 | 0,003 | 0,117 |
| 9 | Kabupaten Simeulue | 0,003 | 0,001 | 0,103 |
| 10 | Kabupaten Aceh Singkil | 0,002 | 0,000 | 0,102 |
| 11 | Kabupaten Bireuen | 0,066 | 0,006 | 0,120 |
| 12 | Kabupaten Aceh Barat Daya | 0,002 | 0,000 | 0,102 |
| 13 | Kabupaten Gayo Lues | 0,003 | 0,000 | 0,102 |
| 14 | Kabupaten Aceh Jaya | 0,003 | 0,000 | 0,102 |
| 15 | Kabupaten Nagan Raya | 0,002 | 0,000 | 0,101 |
| 16 | Kabupaten Aceh Tamiang | 0,008 | 0,001 | 0,106 |
| 17 | Kabupaten Bener Meriah | 0,003 | 0,000 | 0,103 |
| 18 | Kabupaten Pidie Jaya | 0,003 | 0,000 | 0,102 |
| 19 | Kota Banda Aceh | 0,003 | 0,000 | 0,103 |
| 20 | Kota Sabang | 0,005 | 0,001 | 0,104 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 386 | Kabupaten Sarmi | 0,005 | 0,001 | 0,105 |
| 387 | Kabupaten Keerom | 0,004 | 0,001 | 0,104 |
| 388 | Kabupaten Waropen | 0,005 | 0,001 | 0,105 |
| 389 | Kabupaten Supiori | 0,006 | 0,001 | 0,105 |
| 390 | Kabupaten Mamberamo Raya | 0,006 | 0,001 | 0,105 |
| 391 | Kabupaten Nduga | 0,006 | 0,001 | 0,105 |
| 392 | Kabupaten Lanny Jaya | 0,006 | 0,001 | 0,105 |
| 393 | Kabupaten Mamberamo Tengah | 0,006 | 0,001 | 0,105 |
| 394 | Kabupaten Yalimo | 0,006 | 0,001 | 0,105 |
| 395 | Kabupaten Puncak | 0,006 | 0,001 | 0,105 |
| 396 | Kabupaten Dogiyai | 0,006 | 0,001 | 0,105 |
| 397 | Kabupaten Intan Jaya | 0,007 | 0,001 | 0,106 |
| 398 | Kabupaten Deiyai | 0,007 | 0,001 | 0,106 |
| 399 | Kota Jayapura | 0,004 | 0,001 | 0,104 |

**Lampiran 15.** Matriks Pusat *Cluster* $\boldsymbol{V}$ Akhir PFCM

| ***Cluster* Ke-** | **Jumlah Ibu Hamil Penerima Tablet Tambah Darah** | **Jumlah Bayi Menerima Inisiasi Menyusui Dini** | **Jumlah Bayi Usia Kurang Dari 6 Bulan Penerima ASI Ekslusif** | **Jumlah Bayi Penerima Vitamin A** | **Jumlah Bayi Menerima Imunisasi Dasar Lengkap** | **Jumlah Bayi BBLR** | **Jumlah Keluarga Dengan Akses Fasilitas Sanitasi Layak** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,540 | 0,579 | 0,442 | 0,483 | 0,641 | 0,936 | 0,862 |
| 2 | 3,033 | 2,997 | 2,055 | 2,732 | 2,987 | 1,680 | 2,834 |
| 3 | -0,407 | -0,414 | -0,315 | -0,368 | -0,439 | -0,426 | -0,485 |

**Lampiran 16.** Rata-Rata Data Asli Setiap *Cluster*

| ***Cluster* Ke-** | **Jumlah Ibu Hamil Penerima Tablet Tambah Darah** | **Jumlah Bayi Menerima Inisiasi Menyusui Dini** | **Jumlah Bayi Usia Kurang Dari 6 Bulan Penerima ASI Ekslusif** | **Jumlah Bayi Penerima Vitamin A** | **Jumlah Bayi Menerima Imunisasi Dasar Lengkap** | **Jumlah Bayi BBLR** | **Jumlah Keluarga Dengan Akses Fasilitas Sanitasi Layak** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 14.216 | 12.623 | 5.986 | 10.929 | 15.997 | 631 | 311.306 |
| 2 | 43.409 | 36.742 | 17.704 | 37.361 | 43.625 | 850 | 680.235 |
| 3 | 3.908 | 3.070 | 1.674 | 3.094 | 3.961 | 135 | 59.543 |

**Lampiran 17.** Hasil *Clustering* PFCM

| No | Kabupaten/Kota | *Cluster* 1 | *Cluster 2* | *Cluster* 3 | Hasil |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Kabupaten Aceh Selatan | 0,051 | 0,006 | 0,942 | *Cluster* 3 |
| 2 | Kabupaten Aceh Tenggara | 0,009 | 0,001 | 0,990 | *Cluster* 3 |
| 3 | Kabupaten Aceh Timur | 0,185 | 0,015 | 0,800 | *Cluster* 3 |
| 4 | Kabupaten Aceh Tengah | 0,014 | 0,002 | 0,984 | *Cluster* 3 |
| 5 | Kabupaten Aceh Barat | 0,016 | 0,002 | 0,981 | *Cluster* 3 |
| 6 | Kabupaten Aceh Besar | 0,149 | 0,013 | 0,838 | *Cluster* 3 |
| 7 | Kabupaten Pidie | 0,218 | 0,021 | 0,761 | *Cluster* 3 |
| 8 | Kabupaten Aceh Utara | 0,201 | 0,015 | 0,784 | *Cluster* 3 |
| 9 | Kabupaten Simeulue | 0,029 | 0,004 | 0,967 | *Cluster* 3 |
| 10 | Kabupaten Aceh Singkil | 0,017 | 0,002 | 0,981 | *Cluster* 3 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 196 | Kabupaten Tegal | 0,605 | 0,192 | 0,202 | *Cluster* 1 |
| 197 | Kabupaten Brebes | 0,399 | 0,480 | 0,121 | *Cluster* 2 |
| 198 | Kota Magelang | 0,026 | 0,004 | 0,971 | *Cluster* 3 |
| 199 | Kota Surakarta | 0,393 | 0,023 | 0,584 | *Cluster* 3 |
| 200 | Kota Salatiga | 0,014 | 0,002 | 0,984 | *Cluster* 3 |
| 201 | Kota Semarang | 0,691 | 0,173 | 0,136 | *Cluster* 1 |
| 202 | Kota Pekalongan | 0,043 | 0,004 | 0,953 | *Cluster* 3 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 390 | Kabupaten Mamberamo Raya | 0,051 | 0,009 | 0,940 | *Cluster* 3 |
| 391 | Kabupaten Nduga | 0,052 | 0,009 | 0,939 | *Cluster* 3 |
| 392 | Kabupaten Lanny Jaya | 0,045 | 0,008 | 0,947 | *Cluster* 3 |
| 393 | Kabupaten Mamberamo Tengah | 0,051 | 0,009 | 0,941 | *Cluster* 3 |
| 394 | Kabupaten Yalimo | 0,052 | 0,009 | 0,939 | *Cluster* 3 |
| 395 | Kabupaten Puncak | 0,048 | 0,008 | 0,944 | *Cluster* 3 |
| 396 | Kabupaten Dogiyai | 0,052 | 0,009 | 0,940 | *Cluster* 3 |
| 397 | Kabupaten Intan Jaya | 0,052 | 0,009 | 0,939 | *Cluster* 3 |
| 398 | Kabupaten Deiyai | 0,052 | 0,009 | 0,939 | *Cluster* 3 |
| 399 | Kota Jayapura | 0,035 | 0,005 | 0,961 | *Cluster* 3 |

**Lampiran 18.** *Syntax Code R* untuk *Clustering* PFCM

```
#Import Library
install.packages("readxl")
library(readxl)
install.packages("fcvalid")
library(fcvalid)

#Input Data
data <- read_excel("DATA SKRIPSI PFCM.xlsx")
sd <- scale(data)
X <- as.matrix(sd)  # Konversi data ke matriks

#Inisialisasi Parameter
c <- 3  # Jumlah kelompok
m <- 2  # Pangkat
MaxIter <- 1000  # Maksimum iterasi
xi <- 0.000000001  # Error terkecil yang diharapkan
P0 <- 0  # Fungsi objek awal
t <- 1  # Iterasi awal
p <- nrow(X)  # Jumlah sampel data
q <- ncol(X)  # Atribut setiap data

#Pembangkitan Matriks U Random
set.seed(123)  # Untuk reproduktibilitas
U_awal <- matrix(runif(p * c), p, c)
U <- U_awal / rowSums(U_awal)  # Normalisasi

#Clustering FCM
repeat {

 # Hitung pusat kelompok V
  V <- matrix(0, c, q)
  for (k in 1:c) {
    for (j in 1:q) {
      numerator <- sum((U[, k]^m) * X[, j])
      denominator <- sum(U[, k]^m)
      V[k, j] <- numerator / denominator
    }
  }

  # Hitung fungsi objektif Pt
  Pt <- 0
  for (i in 1:p) {
    for (k in 1:c) {
      Pt <- Pt + sum((X[i, ] - V[k, ])^2) * (U[i, k]^m)
    }
  }
```

```
  # Hitung perubahan matriks partisi U
  for (i in 1:p) {
    for (k in 1:c) {
      numerator <- (sum((X[i, ] - V[k, ])^2))^(-1 / (m - 1))
      denominator <- sum((apply(V, 1, function(vk) sum((X[i,
] - vk)^2)))^(-1 / (m - 1)))
      U[i, k] <- numerator / denominator
    }
  }

  # Cek kondisi berhenti
  if (abs(Pt - P0) < xi || t > MaxIter) {
    break
  } else {
    P0 <- Pt
    t <- t + 1
  }
}

#Clustering PFCM
PFCM_Adapted <- function(X, U_init, V_init, c, m, η, a, b,
MaxIter, ε, K) {
  p <- nrow(X)  # Jumlah sampel
  q <- ncol(X)  # Jumlah variabel (fitur)
  U <- U_init  # Inisialisasi matriks U dari hasil FCM
  V <- V_init # Pusat cluster dari hasil FCM
  T <- matrix(0, p, c)  # Inisialisasi matriks possibilistic
T
  γ <- rep(0, p)  # Inisialisasi gamma
  P0 <- 0  # Fungsi objektif awal
  t <- 1  # Iterasi awal

# 1. Menghitung nilai gamma γ
    for (k in 1:c) {
      sum1 <- 0
      sum2 <- 0
      for (i in 1:p) {
        d_ik <- sum((X[i, ] - V[k, ])^2)
        sum1 <- sum1 + (U[i, k]^m) * d_ik
        sum2 <- sum2 + (U[i, k]^m)
      }
      γ[k] <- K * (sum1 / sum2)  # Persamaan (2.21)
    }
```

```
# 2. Menghitung matriks kekhasan absolut T
    for (i in 1:p) {
      for (k in 1:c) {
        d_ik <- sum((X[i, ] - V[k, ])^2)  # Jarak data ke
pusat cluster
        T[i, k] <- 1 / (1 + (b * d_ik / (γ[k]))^(1 / (η -
1)))  # Persamaan (2.19)
      }
    }

  repeat {
    # 3. Memperbarui pusat cluster V
    V <- matrix(0, c, q)  # c cluster dan q fitur
    for (k in 1:c) {
      for (j in 1:q) {
        numerator <- 0
        denominator <- 0
        for (i in 1:p) {
          numerator <- numerator + (a * U[i, k]^m + b * T[i,
k]^η) * X[i, j]  # Persamaan (2.22)
          denominator <- denominator + (a * U[i, k]^m + b *
T[i, k]^η)
        }
        V[k, j] <- numerator / denominator
      }
    }
    # 4. Menghitung fungsi objektif
    Pt <- 0
    for (i in 1:p) {
      for (k in 1:c) {
        d_ik <- sum((X[i, ] - V[k, ])^2)
        Pt <- Pt + (a * (U[i, k]^m) + b * (T[i, k]^η)) *
d_ik + γ[k] * (1 - T[i, k])^η  # Persamaan (2.18)
      }
    }

    # 5. Memperbarui elemen matriks partisi U
    for (i in 1:p) {
      for (k in 1:c) {
        d_ik <- sum((X[i, ] - V[k, ])^2)
        U[i, k] <- (1 / d_ik)^(1 / (m - 1)) / sum((1 /
apply(V, 1, function(vk) sum((X[i, ] - vk)^2))^(1 / (m -
1))))
      }
    }
```

```
# 6. Menghitung nilai gamma γ
    for (i in 1:p) {
      sum1 <- 0
      sum2 <- 0
      for (k in 1:c) {
        d_ik <- sum((X[i, ] - V[k, ])^2)
        sum1 <- sum1 + (U[i, k]^m) * d_ik
        sum2 <- sum2 + (U[i, k]^m)
      }
      γ[i] <- K * (sum1 / sum2)  # Persamaan (2.21)
    }

    # 7. Memperbaiki matriks T dengan persamaan (2.19)
    for (i in 1:p) {
      for (k in 1:c) {
        d_ik <- sum((X[i, ] - V[k, ])^2)
        T[i, k] <- 1 / (1 + (b * d_ik / γ[i])^(1 / (η -
1)))  # Memperbarui T lagi sesuai langkah 4
      }
    }

    # 7. Memeriksa kriteria berhenti
    if (abs(Pt - P0) < ε || t > MaxIter) {
      break
    } else {
      P0 <- Pt
      t <- t + 1
    }
  }

  # Mengembalikan hasil PFCM
  list(U = U, V = V, T = T, Pt = Pt, iter = t)
}



# Inisialisasi parameter PFCM yang sesuai dengan algoritma
c <- 3  # Jumlah cluster
m <- 2  # Pangkat fuzzy (untuk FCM)
η <- 2 # Pangkat possibilistic (untuk PCM)
a <- 1  # Koefisien pembobot untuk matriks kekhasan relatif
b <- 9 # Koefisien pembobot untuk matriks kekhasan absolut
K <- 1  # Koefisien gamma
MaxIter <- 1000  # Maksimal iterasi
ε <- 0.1  # Toleransi error
```

```
# Gunakan matriks U dari hasil Fuzzy C-Means sebagai input
awal
U_init <- U  # Matriks U hasil clustering FCM sebelumnya
V_init <- V  # Pusat cluster dari hasil FCM

# Jalankan algoritma Possibilistic Fuzzy C-Means (PFCM)
result_PFCM <- PFCM_Adapted(X = X, U_init = U_init,V_init =
V_init, c = c, m = m, η = η, a = a, b = b, MaxIter =
MaxIter, ε = ε, K = K)

# Output hasil PFCM
cat("Pusat-pusat kelompok (V):\n")
print(result_PFCM$V)

cat("Matriks partisi akhir U:\n")
print(result_PFCM$U)

cat("Matriks possibilistic T:\n")
print(result_PFCM$T)

cat("Jumlah iterasi:", result_PFCM$iter, "\n")
cat("Fungsi objektif akhir:", result_PFCM$Pt, "\n")
```

**Lampiran 19.** *Syntax Code R* untuk Validitas MPC

```
options(scipen=100, digits=5, width=120)
c1 <- 3
c2 <- 3
indnames <- c("MPC")
indvals <- matrix(ncol=length(indnames), nrow=c2-c1+1)
colnames(indvals) <- indnames
rownames(indvals) <- paste0("c=",c1:c2)
i <- 1
for(c in c1:c2){
  indvals[i,2] <- mpc(result_PFCM$U)
  i <- i+1
}
print(t(indvals))
```

## RIWAYAT HIDUP



Alivia Faizatuz Zahro, lahir di Pasuruan pada 12 April 2003, biasa dipanggil Faiz atau Alivia. Penulis merupakan anak pertama dari Ayah Muhamad Fauzi dan Mama Khoiriyah serta kakak dari Adik Azril Ibnu Alfarizi. Penulis telah menempuh pendidikan mulai dari TK Dharma Wanita yang lulus pada tahun 2009, dilanjutkan menempuh pendidikan sekolah dasar di SDN Purwosari 1 dan lulus pada tahun 2015. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN 1 Purwosari dan lulus pada tahun 2018. Setelah itu, melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMAN 1 Purwosari dan lulus pada tahun 2021. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang pada Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi. Selama menempuh pendidikan tinggi, penulis aktif mengikuti beberapa kegiatan. Penulis bergabung dalam organisasi HMPS "Integral" Matematika Tahun 2022 sebagai anggota Divisi *External Public Relation*. Pada tahun yang sama, penulis juga bergabung dalam organisasi Ikahimatika Indonesia Wilayah V sebagai anggota Divisi Kaderisasi dan Internal. Pada tahun selanjutnya, penulis diberi amanah sebagai Ketua HMPS "Integral" Matematika Tahun 2023. Tidak hanya non-akademik, penulis juga aktif dalam kegiatan akademik. Penulis berpartisipasi sebagai asisten laboratorium praktikum Statistika Elementer pada tahun 2023. Serta penulis mengikuti lomba Olimpiade Sains Nasional UT 2023 Bidang Statistika dan meraih juara 3. Selanjutnya pada tahun 2024 penulis berpartisipasi sebagai peserta Riset Kompetitif Mahasiswa

Fakultas Sains dan Teknologi dan menjadi salah satu presenter *International Conference on Green Technology* (ICGT) 2024.

KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No.50 Dinoyo Malang Telp. / Fax. (0341)558933

# BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Alivia Faizatuz Zahro
NIM : 210601110064
Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika
Judul Skripsi : Implementasi *Possibilistic Fuzzy C-Means* dengan Validitas *Modified Partition Coefficient* pada *Clustering* Prevalensi Balita *Stunting* di Indonesia
Pembimbing I : Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si.
Pembimbing II : Juhari, M.Si.

| No | Tanggal | Hal | Tanda Tangan |
|---|---|---|---|
| 1. | 04 Juni 2024 | Konsultasi Topik dan Data | 1. |
| 2. | 09 September 2024 | Konsultasi Bab I, II, dan III | 2. |
| 3. | 19 September 2024 | Konsultasi Bab I, II, dan III | 3. |
| 4. | 24 September 2024 | ACC Bab I, II, dan III | 4. |
| 5. | 25 September 2024 | Konsultasi Kajian Agama Bab I dan II | 5. |
| 6. | 25 September 2024 | ACC Kajian Agama Bab I dan II | 6. |
| 7. | 26 September 2024 | ACC Seminar Proposal | 7. |
| 8. | 07 Oktober 2024 | Konsultasi Revisi Seminar Proposal | 8. |
| 9. | 08 Oktober 2024 | Konsultasi Revisi Seminar Proposal | 9. |
| 10. | 14 Oktober 2024 | Konsultasi Bab IV | 10. |
| 11. | 21 Oktober 2024 | Konsultasi Bab IV | 11. |
| 12. | 23 Oktober 2024 | Konsultasi Kajian Agama Bab IV | 12. |
| 13. | 24 Oktober 2024 | Konsultasi Bab V | 13. |
| 14. | 25 Oktober 2024 | ACC Kajian Agama Bab IV | 14. |

KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No.50 Dinoyo Malang Telp. / Fax. (0341)558933

| | | | |
|---|---|---|---|
| 15. | 29 Oktober 2024 | Konsultasi Bab IV dan V | 15. |
| 16. | 29 Oktober 2024 | ACC Bab IV dan V | 16. |
| 17. | 31 Oktober 2024 | ACC Seminar Hasil | 17. |
| 18. | 05 November 2024 | Konsultasi Revisi Seminar Hasil | 18. |
| 19. | 07 November 2024 | Konsultasi Revisi Seminar Hasil | 19. |
| 20. | 08 November 2024 | ACC Sidang Skripsi | 20. |
| 21. | 20 Desember 2024 | ACC Keseluruhan | 21. |

Malang, 20 Desember 2024
Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika

Dr. Elly Susanti, M.Sc.
NIP. 19741129 200012 2 005