

Klasterisasi Data Stunting Pada Balita Di Puskesmas Xyz Dengan Menggunakan Metode Mixture Modelling

Anggun Delianda*, Asrianda, Zahratul Fitri

Teknik, Teknik Informatika, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Indonesia

Email: ^{1*} anggun.200170261@mhs.unimal.ac.id, ² asrianda@unimal.ac.id, ³ zahratulfitri@unimal.ac.id

Email Penulis Korespondensi: anggun.200170261@mhs.unimal.ac.id

Submitted 08-05-2025; Accepted 13-06-2025; Published 30-06-2025

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh tingginya prevalensi *stunting* di Indonesia, yang mencerminkan ketidakseimbangan gizi anak usia dini. Untuk mengatasi masalah ini, digunakan pendekatan teknologi informasi guna mengidentifikasi kelompok balita berisiko. Data yang dianalisis berupa informasi antropometri, yaitu tinggi badan, berat badan, dan usia balita, yang dikumpulkan dari Puskesmas Peusangan. Metode yang diterapkan adalah *Gaussian Mixture Model* (GMM) dengan algoritma *Expectation-Maximization* untuk mengklasterisasi data ke dalam dua kelompok: "Potensi Stunting" dan "Tidak Stunting". Hasil penelitian menunjukkan beberapa Posyandu dan desa memiliki angka potensi stunting cukup tinggi, seperti Posyandu Bungong Seulanga (141 balita) dan desa Pante Gajah (116 balita), serta prevalensi lebih besar pada balita laki-laki (34,67%) dan usia 52–60 bulan (24,18%). Evaluasi model menggunakan *confusion matrix* pada 1465 data menunjukkan *True Positive* sebesar 958 (65,36%), *False Negative* 4 (0,27%), *False Positive* 503 (34,33%), dan *True Negative* 0 (0%), dengan akurasi sebesar 65,36% dan tingkat kesalahan 34,64%. Namun, uji akurasi sebelumnya pada 1665 data hanya mencapai 34,55%, menunjukkan performa prediksi individu yang kurang memuaskan. Kesimpulannya, *Mixture Modelling* efektif untuk klasterisasi dan identifikasi kelompok berisiko, tetapi kurang akurat dalam prediksi individu, dengan bias terhadap kelas "Potensi Stunting" yang perlu diperbaiki pada penelitian lanjutan.

Kata Kunci: Klasterisasi; *Stunting*; Balita; *Gaussian Mixture Model*; Puskesmas Peusangan.

Abstract

This research is motivated by the high prevalence of stunting in Indonesia, reflecting nutritional imbalances in early childhood. To address this issue, an information technology approach is employed to identify at-risk infant groups. The analyzed data consists of anthropometric information, including height, weight, and age of infants, collected from the Peusangan Health Center. The applied method is the Gaussian Mixture Model (GMM) with the Expectation-Maximization algorithm to cluster the data into two groups: "Potential Stunting" and "Not Stunting." The research results indicate that several Posyandu and villages have notably high potential stunting rates, such as Posyandu Bungong Seulanga (141 infants) and Pante Gajah village (116 infants), with a higher prevalence among male infants (34.67%) and those aged 52–60 months (24.18%). Model evaluation using a confusion matrix on 1,465 data points showed a True Positive of 958 (65.36%), False Negative of 4 (0.27%), False Positive of 503 (34.33%), and True Negative of 0 (0%), with an accuracy of 65.36% and an error rate of 34.64%. However, a previous accuracy test on 1,665 data points only achieved 34.55%, indicating unsatisfactory individual prediction performance. In conclusion, Mixture Modelling is effective for clustering and identifying at-risk groups but lacks accuracy in individual predictions, with a bias toward the "Potential Stunting" class that requires improvement in future research.

Keywords: Clustering; Stunting; Toddler; Mixture Modelling; Puskesmas Peusangan.

1. PENDAHULUAN

Stunting adalah kondisi tinggi badan seseorang lebih pendek dibanding tinggi badan orang lain pada umunya (yang seusia).[1] *Stunting* juga merupakan masalah gizi kronis yang menjadi perhatian serius pemerintah Indonesia[2]. Berbagai program telah diluncurkan untuk menumpas *stunting*, salah satunya adalah Gerakan Nasional Percepatan Perbaikan Gizi yang menargetkan penurunan prevalensi *stunting* di seluruh Indonesia. Program ini mencakup upaya peningkatan gizi ibu hamil, pemberian makanan tambahan bagi balita, serta edukasi kepada masyarakat tentang pentingnya gizi seimbang.[3]

Untuk mencapai target tersebut, diperlukan implementasi teknologi yang efektif dalam penanggulangan *stunting*. Penggunaan teknologi informasi dan analisis data dapat membantu dalam mengidentifikasi daerah-daerah yang memiliki prevalensi *stunting* tinggi dan menentukan intervensi yang paling efektif [4]. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam proses ini adalah metode *Mixture Modelling*. Metode *Mixture Modelling* adalah metode statistik yang memungkinkan pengelompokan data yang heterogen ke dalam beberapa subpopulasi yang lebih homogen [5]. Dalam konteks *stunting*, metode ini dapat digunakan untuk mengelompokkan balita berdasarkan tingkat *stunting* mereka, sehingga intervensi dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik setiap kelompok [6]. Metode klasterisasi sendiri merupakan bagian dari teknik data mining yang berfungsi untuk mengelompokkan data secara otomatis menggunakan algoritma pembelajaran mesin ke dalam beberapa kelompok berdasarkan kesamaan karakteristik, sehingga data dengan ciri yang serupa akan dikelompokkan bersama [7].

Proses penggunaan metode *Mixture Modelling* dalam penanggulangan *stunting* melibatkan beberapa tahapan. Pertama, pengumpulan data antropometri yang relevan dari balita yang terdaftar di Puskesmas Peusangan. Penelitian ini merupakan penelitian terapan mengenai *Gaussian Mixture Model* (GMM) dengan algoritma *Expectation Maximization* (EM).[8] Berdasarkan hal yang sudah disampaikan sebelumnya maka berikut adalah rumusan masalah yang di susun yaitu untuk mengimplementasikan Metode *Mixture Modelling* untuk Klasterisasi Data *Stunting* pada Balita di Puskesmas

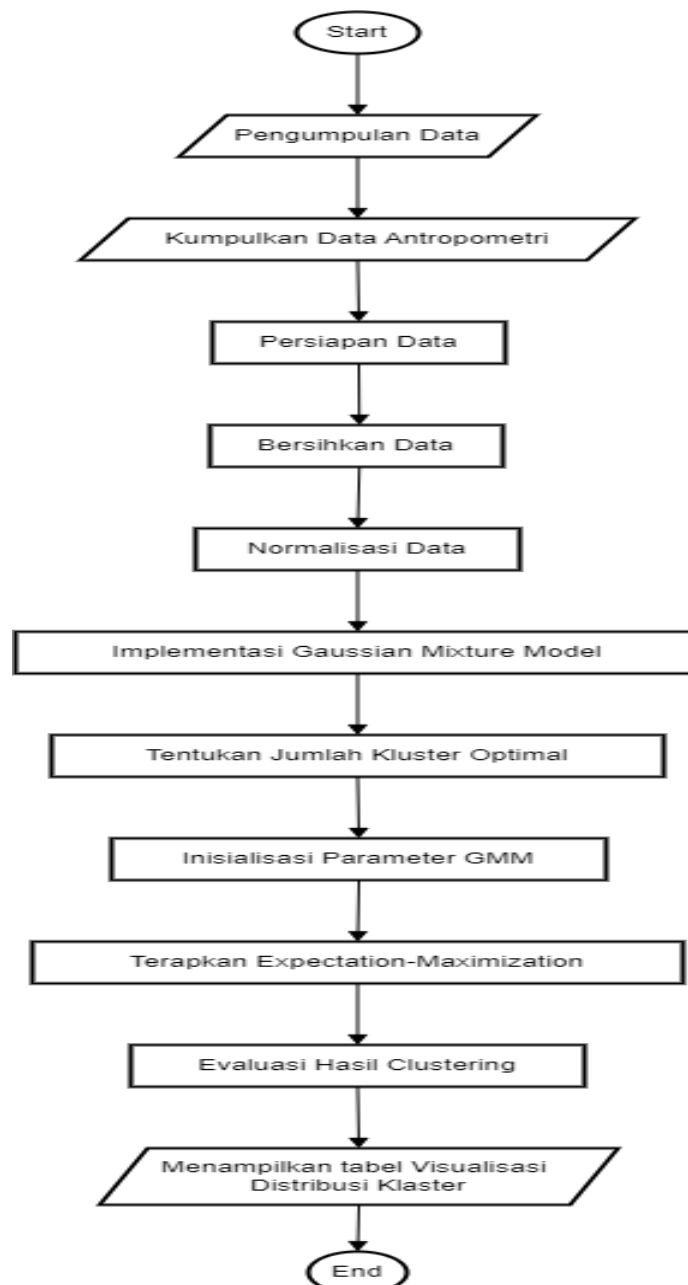
Peusangan dan Untuk mengetahui hasil dari proses implementasi metode *Mixture Modelling* untuk Klasterisasi Data *Stunting* pada Balita di Puskesmas Peusangan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menerapkan metode klasterisasi untuk mengelompokkan data *stunting*, seperti *K-Means*, *DBSCAN*, atau *Hierarchical Clustering*. Namun, pendekatan tersebut cenderung memiliki keterbatasan dalam menangani distribusi data yang kompleks dan asumsi bentuk cluster yang kaku. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode *Gaussian Mixture Model (GMM)* yang memiliki keunggulan dalam mengakomodasi distribusi data yang tumpang tindih dan mampu memberikan estimasi probabilistik dalam pengelompokan data. *GAP* dari penelitian ini adalah belum banyak studi yang memanfaatkan *GMM* untuk kasus *stunting* di Indonesia secara spesifik, terutama dengan integrasi data dari wilayah Puskesmas Peusangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dan memberikan alternatif metode klasterisasi yang lebih fleksibel dan akurat.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Berikut adalah tahapan penelitian agar dapat tercapai tujuan yang telah ditetapkan, maka tahapan penelitian harus dapat tersusun dan terencana dengan baik. Gambar 1 berikut ini, merupakan bagan tahapan penelitian yang dijalankan.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Berdasarkan tahapan penelitian pada gambar 1 diatas maka masing-masing langkah dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Start Menandakan awal dari seluruh proses analisis data *stunting* menggunakan model *Gaussian Mixture Model* (GMM).
- b. Pengumpulan Data (*Input*) Data yang relevan dikumpulkan untuk analisis, mencakup informasi antropometri dan faktor risiko terkait *stunting*.
- c. Kumpulkan Data Antropometri Mengumpulkan data fisik balita, seperti tinggi badan, berat badan, dan usia, yang merupakan indikator utama dalam analisis *stunting*.
- d. Persiapan Data Data yang telah dikumpulkan dipersiapkan agar siap untuk dianalisis dengan metode GMM (*Gaussian Mixture Model*).
- e. Bersihkan Data Proses ini mencakup penghapusan data yang tidak lengkap, duplikat, atau anomali yang dapat mempengaruhi hasil analisis.
- f. Normalisasi Data Menyesuaikan skala data agar lebih seragam, sehingga memudahkan algoritma GMM (*Gaussian Mixture Model*) dalam melakukan pemodelan dan klusterisasi.
- g. Implementasi *Gaussian Mixture Model* (GMM) Pada tahap ini, metode *Gaussian Mixture Model* diterapkan untuk mengelompokkan data berdasarkan pola yang ditemukan.
- h. Tentukan Jumlah Kluster Optimal Menentukan jumlah kluster yang paling sesuai menggunakan metode seperti *Bayesian Information Criterion* (BIC) atau *Akaike Information Criterion* (AIC).
- i. Inisialisasi Parameter GMM (*Gaussian Mixture Model*) Menentukan parameter awal untuk model GMM, termasuk mean, covariance, dan prior probability untuk setiap kluster.
- j. Terapkan *Expectation-Maximization* (EM) Algoritma *Expectation-Maximization* digunakan untuk memperbarui parameter GMM (*Gaussian Mixture Model*) secara iteratif hingga model mencapai konvergensi.
- k. Evaluasi Hasil *Clustering* Setelah proses *Expectation-Maximization* (EM) selesai, hasil klusterisasi dianalisis untuk memastikan efektivitas model dalam mengelompokkan data.
- l. Visualisasi Distribusi Kluster Hasil klusterisasi divisualisasikan untuk memudahkan interpretasi, misalnya menggunakan grafik atau scatter plot.
- m. End Proses selesai, dan hasil klusterisasi dapat digunakan untuk mendukung intervensi atau kebijakan terkait *stunting*.

2.2 Pengembangan Aplikasi

- a. Desain Aplikasi
Merancang antarmuka pengguna dan fitur-fitur utama aplikasi yang akan digunakan untuk pemantauan dan analisis data *stunting*. Dimana menggunakan berbagai perancangan sistem seperti DFD, Diagram Konteks dan ERD.
- b. Pengembangan Backend
 1. Membangun basis data untuk menyimpan data antropometri *stunting*.
 2. Mengembangkan metode *Mixture Modelling* yang akan diintegrasikan ke dalam aplikasi.
- c. Pengembangan Frontend
Mengembangkan antarmuka pengguna untuk input data, visualisasi hasil klusterisasi, dan pemantauan status gizi balita secara *real-time*.
- d. Pengujian dan Validasi
 1. Menguji aplikasi secara menyeluruh untuk memastikan semua fitur berfungsi dengan baik dan hasil analisis akurat.
 2. Validasi aplikasi dengan data aktual untuk memastikan kehandalan dan efektivitasnya.
- e. Peluncuran dan Pelatihan
 1. Meluncurkan aplikasi di Puskesmas Peusangan dan memberikan pelatihan kepada tenaga kesehatan mengenai penggunaan aplikasi.
 2. Mengawasi penggunaan aplikasi dan mengumpulkan umpan balik untuk perbaikan lebih lanjut.

2.3 Stunting

Stunting adalah masalah gizi kronis pada balita yang ditandai dengan tinggi badan yang lebih pendek dibandingkan usia mereka [9]. Anak-anak dengan *stunting* memiliki risiko lebih tinggi terhadap penyakit degeneratif dan penurunan tingkat kecerdasan [10]. *Stunting* disebabkan oleh kesulitan mengakses makanan bergizi, kurangnya pemberian ASI eksklusif, berat lahir rendah (BBLR), serta rendahnya tingkat pendidikan dan pendapatan orang tua.[11] Kondisi ini disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kesulitan mengakses makanan bergizi, kurangnya pemberian ASI eksklusif, berat lahir rendah (BBLR), serta rendahnya tingkat pendidikan dan pendapatan orang tua [12]. *Stunting* memiliki dampak jangka panjang yang serius pada perkembangan kognitif dan fisik anak, yang dapat berpengaruh pada kemampuan belajar dan kesehatan di masa dewasa dan pentingnya pemenuhan gizi yang baik dalam jangka panjang, terutama pada 1.000 hari pertama kehidupan (dari awal kehamilan hingga anak berusia dua tahun), untuk mencegah dampak jangka panjang dari *stunting* seperti gangguan kognitif dan perkembangan motorik.[11]

Stunting pada balita dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu umur, panjang badan pada saat lahir, kecukupan makronutrien (protein, karbohidrat) dan mikronutrien yaitu (kalsium, vitamin A, zat besi dan *zinc*). [13] Apabila stunting tidak ditangani atau dicegah, dapat berdampak pada gangguan perkembangan otak, gangguan pertumbuhan, penurunan fungsi kognitif, psikososial, dan prestasi sosial [14]. Selain itu, anak dengan stunting dapat meningkatkan risiko akan sindrom metabolik dan memiliki sistem imun yang rendah, yang dapat berdampak pada peningkatan risiko akan diabetes melitus, obesitas, penyakit jantung dan pembuluh darah, atau kanker di kehidupan selanjutnya. [15]

Penyebab stunting, menurut kerangka konseptual yang diajukan oleh WHO, merupakan masalah yang kompleks dan multifaktorial. Perkembangan bayi dipengaruhi oleh gizi ibu, dimulai sejak kehamilan dan berlanjut selama menyusui. WHO merekomendasikan pemberian ASI eksklusif hingga usia 2 tahun, diikuti dengan pengenalan makanan pendamping secara bertahap mulai usia 6 bulan [16]

2.4 Metode Mixture Modelling

Mixture Models merupakan alat yang menarik untuk analisis data karena model ini dibuat dari kombinasi komponen yang cembung, yang biasanya didefinisikan menggunakan fungsi probabilitas (kepadatan) yang berbeda [17]. Oleh karena itu, *Mixture Models* menyediakan kerangka kerja yang unik untuk analisis data berdimensi tinggi atau multimoda atau menemukan kelompok dalam data, misalnya. Meskipun fleksibel, *Mixture Models* memiliki kompleksitas dan tantangan tersendiri yang perlu ditangani dengan hati-hati. [18] Metode *Mixture Modelling* adalah teknik statistik yang digunakan untuk memodelkan distribusi data kompleks dengan mengasumsikan bahwa data tersebut berasal dari kombinasi beberapa distribusi probabilistik yang lebih sederhana, yang disebut komponen. Setiap komponen mengikuti distribusi parametris yang sederhana, seperti distribusi *Gaussian* dalam *Gaussian Mixture Models*. [19]

Algoritma EM (*Expectation-Maximization*) adalah alat yang kuat dan fleksibel untuk estimasi parameter dalam model campuran, mengatasi masalah data tidak lengkap, dan memiliki aplikasi luas dalam berbagai disiplin ilmu [5]. Namun, penting untuk mengatasi masalah maksimum lokal untuk memastikan estimasi parameter yang lebih akurat dan optimal [20]. *Clustering* adalah suatu teknik untuk mengidentifikasi objek yang serupa dengan memperhatikan beberapa kriteria tertentu dan kemudian dikelompokkan menjadi beberapa *cluster*. Proses ini akan secara iteratif memberi skor ulang atau mengestimasi parameter terhadap kepadatan campuran yang dibuat oleh vektor parameter [8]. Berikut beberapa persamaannya :

- a. Normalisasi Data (*Z-Score*):

$$x_{\text{norm}} = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (1)$$

- b. Rata-rata (μ) :

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (2)$$

- c. Standar Deviasi (σ):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}} \quad (3)$$

- d. Pembobotan Data:

$$x_{\text{weighted}} = x_{\text{norm}} \times \text{bobot} \quad (4)$$

- e. Inisialisasi Bobot (π_k) :

$$\pi_k = \frac{1}{K} \quad (5)$$

Jurnal oleh [21] memberikan penjelasan komprehensif tentang algoritma *Expectation-Maximization* (EM) untuk estimasi parameter maximum *likelihood* pada *Gaussian Mixture Model* (GMM). Dimana sebagai berikut :

- a. Fungsi Densitas Gaussian (PDG):

$$\mathcal{P}(x|\mu_k, \Sigma_k) = \frac{1}{(2\pi)^{d/2} |\Sigma_k|^{1/2}} \exp \left(-\frac{1}{2} (x - \mu_k)^T \Sigma_k^{-1} (x - \mu_k) \right) \quad (6)$$

- b. E-Step (Responsibility, γ_{ik}) :

$$\gamma_{ik} = \frac{\pi_k \mathcal{P}(x_i|\mu_k, \Sigma_k)}{\sum_{j=1}^K \pi_j \mathcal{P}(x_i|\mu_j, \Sigma_j)} \quad (7)$$

- c. M-Step (Update Bobot, π_k) :

$$\pi_k = \frac{\sum_{i=1}^N \gamma_{ik}}{N} \quad (8)$$

- d. M-Step (Update Mean, μ_k) :

$$\mu_k = \frac{\sum_{i=1}^N \gamma_{ik} x_i}{\sum_{i=1}^N \gamma_{ik}} \quad (9)$$

e. M-Step (Update Kovarians, Σ_k):

$$\Sigma_k = \frac{\sum_{i=1}^N \gamma_{ik} (x_i - \mu_k)(x_i - \mu_k)^T}{\sum_{i=1}^N \gamma_{ik}} \quad (10)$$

f. Prediksi Klaster:

$$\text{Klaster } i = \arg \max_k (\gamma_{ik}) \quad (11)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Puskesmas Peusangan, berupa data antropometri balita. Berikut adalah data yang telah dikumpulkan dan digunakan dalam analisis awal.

Tabel 1. Data Balita

No	Nama	JK	Usia	BB Lahir	TB Lahir	Desa/kel	Posyandu
1	Maisarah Az Zahra	P	07/12/2022	3.5	50	Gampong Raya Tambo	Telaga Ilmu
2	Aakif Abadillah	L	23/08/2022	3	48	Matang Sagoe	Bungong Seulanga
3	Aaliyah	P	13/07/2023	3.2	48	Mtg glp dua, Meunasah Dayah	Mtg glp dua, Meunasah Dayah
4	Aaqil Umais	L	20/09/2023	3.5	49	Mtg glp dua, Meunasah Dayah	Mtg glp dua, Meunasah Dayah
5	Abdul Fatah	L	11/08/2020	3	49	Gampong Raya Dagang	Bungong Selanga
...	...	...	...	...	...	...	...
1468	Zyana Nadhira	P	24/04/2024	3.1	50	Pante Gajah	Bungong Jeumpa

Pada Tabel 1 adalah Data yang di kumpulkan adalah data antropometri (tinggi badan, berat badan, usia) dari balita yang terdaftar di Puskesmas Peusangan. Dengan keseluruhan data yang di dapat 1468 data, penulis hanya mengambil format data yang sesuai dengan yang di butuhkan, seperti Jenis Kelamin, Usia, BB Lahir, TB Lahir, Nama Desa dan Nama Posyandu. Setelah data dikumpulkan, dilakukan pembobotan awal berdasarkan parameter Z-Score dan bobot variabel. Berikut adalah hasil pembobotan terhadap 20 data pertama.

Tabel 2. Hasil Pembobotan awal

No	Nama	Usia (bln)	Berat (kg)	Tinggi (cm)	ZS BB/U	ZS TB/U	Bobot BB	Bobot TB	Bobot Usia	Total Bobot
1	Humaira	21.2	10.5	78.0	0.15	-1.05	0.3	0.3	0.5	1.1
2	Abizar	58.6	15.3	101.0	-1.06	-1.45	0.3	0.3	0.3	0.9
3	Adiba Maulidina	17.6	10.4	77.0	0.7	-0.06	0.3	0.3	0.5	1.1
4	Aufa Zayyan	10.5	9.0	67.0	0.67	-1.83	0.3	0.3	0.5	1.1
5	Shazia Almahyra	32.4	13.2	86.0	0.38	-1.19	0.3	0.3	0.3	0.9
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
20	M. Khair Hafih	29.7	15.2	89.0	1.55	-0.13	0.3	0.3	0.3	0.9

Pada tabel 2 berikut adalah 20 data yang telah dibobotkan untuk entri pertama. Di tabel tersebut terdapat data Nama, Usia, Berat dalam bentuk kg, Tinggi dalam bentuk cm, ZS BB/U, ZS TB/U, Bobot BB, Bobot TB, Bobot Usia, Dan Total Bobot.

a. Dataset

Berikut ini adalah sampel data awal yang digunakan dalam penelitian, yang disajikan pada Tabel berikut :

Tabel 3. Dataset

Nama	Berat(kg)	Tinggi(cm)	BB Bobot	TB Bobot
Humaira	10.5	78.0	0.27	0.27
Abizar	15.3	101.0	0.33	0.33
Adiba Malidina	70.4	77.0	0.27	0.27
Aufa Zayyan	9.0	57.0	0.27	0.27
Shazia Almahyma	13.2	85.0	0.33	0.33

Pada tabel 3 terdapat 5 dataset yang terdiri dari Humaira, Abizar, Adiba Malidina, Aufa Zayyan, dan Shazia Almahyma. Di tabel tersebut juga terdapat data Nama, Berat Badan (BB), Tinggi Badan (TB), BB Bobot, Dan TB Bobot. Selanjutnya, dilakukan proses normalisasi terhadap data pada Tabel 3, yang hasilnya ditampilkan pada Tabel berikut :

Tabel 4. Hasil Normalisasi

Nama	Berat Norm	Tinggi Norm
Humaira	-0.52	-0.34
Abizar	1.60	1.70
Adiba Malidina	-0.57	-0.42
Aufa Zayyan	-1.18	-1.31
Shazia Almahyma	0.68	0.37

Pada tabel 4 adalah hasil Normalisasi dataset dari tabel 3 yang berupa hasil Berat Normalisasi dan Tinggi Normalisasi. Setelah data dinormalisasi, langkah selanjutnya adalah melakukan pembobotan terhadap hasil normalisasi tersebut. Hasil pembobotan ditampilkan pada Tabel berikut :

Tabel 5. Hasil Pembobotan

Nama	Berat Weighted	Tinggi Weighted
Humaira	-0.14	-0.09
Abizar	0.53	0.56
Adiba Malidina	-0.15	-0.11
Aufa Zayyan	-0.32	-0.35
Shazia Almahyma	0.22	0.12

Pada tabel 5 adalah hasil pembobotan dari data hasil normalisasi pada tabel 4. Langkah berikutnya dalam proses perhitungan adalah tahap Expectation (E-Step), di mana dilakukan perhitungan responsibility untuk masing-masing data. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan pada Tabel berikut :

Tabel 6. Hasil E-Step

Nama	γ_{a1}	γ_{a2}
Humaira	0.607	0.393
Abizar	0.000	1.000
Adiba Malidina	0.512	0.383
Aufa Zayyan	0.674	0.325
Shazia Almahyma	0.575	0.435

Pada tabel 6 adalah hasil perhitungan responsibility berikutnya melakukan proses untuk tentukan kluster berdasarkan γ_{ik} maksimum. Berdasarkan hasil perhitungan responsibility pada tahap E-Step, dilakukan penentuan kluster untuk masing-masing individu. Hasil klusterisasi tersebut ditampilkan pada Tabel berikut :

Tabel 7. Hasil Kluster

Nama	γ_{11}	γ_{12}	Kluster
Humaira	0.607	0.393	1
Abizar	0.000	1.000	2
Adiba Malidina	0.512	0.383	1
Aufa Zayyan	0.674	0.325	1
Shazia Almahyma	0.575	0.435	1

Pada tabel 7 adalah hasil kluster yang mana Humaira, Adiba Maulidina, Aufa Zayyan, Shazia Almahyma menunjukkan Potensi Tidak *Stunting* Dan Abizar menunjukkan Potensi *Stunting*. Setelah proses klusterisasi dilakukan, langkah selanjutnya adalah mengimplementasikan hasil model pada 20 data balita untuk mengelompokkan ke dalam kluster yang telah ditentukan. Hasil implementasi tersebut ditampilkan pada Tabel berikut :

Tabel 8. Hasil Proses Implementasi

No	Nama	Kluster	Label
1	Humaira	1	Tidak Stunting
2	Abizar	2	Stunting

3	Adiba Malidina	1	Tidak Stunting
4	Aufa Zayyan	1	Tidak Stunting
5	Shazia Almahyma	1	Tidak Stunting
..			
20	Muhammad Khair Hafih	2	Stunting

Pada tabel 8 hasil implementasi 20 data balita yang mana klaster 1 menunjukkan klaster yang mana klasater 1 (Tidak *Stunting*) dan klaster 2 (*Stunting*). Rekapitulasi hasil klastering dari implementasi terhadap 20 data balita ditampilkan pada Tabel 9 untuk memberikan gambaran proporsi masing-masing kategori yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 9. Hasil Klastering

Klaster	Jumlah Data	Persentase
Tidak stunting	13	65%
Potensi Stunting	7	35%

Pada tabel 9 dari total 20 data berikut adalah hasil klastering menunjukkan bahwa 65% anak termasuk dalam katagori “Tidak *Stunting*” dan 35% dalam “Potensi *Stunting*”.

3.2 Hasil Implementasi GMM (*Gaussian Mixture Model*)

a. Berdasarkan Posyandu

Bagian ini menyajikan analisis hasil klaster berdasarkan distribusi lokasi Posyandu. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi wilayah yang memiliki prevalensi potensi stunting lebih tinggi, sehingga dapat menjadi fokus utama dalam intervensi pencegahan.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Frekuensi Berdasarkan Posyandu

Posyandu	Jumlah Potensi stunting (%)	Jumlah Tidak Stunting
Ar Wardah	8 (0.54%)	10 (0.68%)
Asan Bideun	14 (0.95%)	-
Blang Asan	-	1 (0.07%)
Blang Cut Simpang IV	21 (1.43%)	2 (0.14%)
Bukit Tursina	12 (0.82%)	7 (0.48%)
Bunga Mawar	77 (5.25%)	39 (2.66%)
Bunga Melati	32 (2.18%)	26 (1.77%)
Bungong Asan	16 (1.09%)	15 (1.02%)
Bungong Ban Keumang	37 (2.52%)	19 (1.29%)
Bungong Jeumpa	129 (8.79%)	43 (2.93%)
Bungong Melati	18 (1.23%)	9 (0.61%)
Bungong Melu	25 (1.70%)	20 (1.36%)
Bungong Seulanga	141 (9.60%)	83 (5.65%)
Bungong Tanjong	23 (1.57%)	6 (0.41%)
Cot Panjoe	25 (1.70%)	2 (0.14%)
Delima Mekar	54 (3.68%)	15 (1.02%)
Gampong Raya Dagang	-	2 (0.14%)
Gampong Raya Tambo	22 (1.50%)	5 (0.34%)
Jeumpa Putih	19 (1.29%)	10 (0.68%)
Kamboja	21 (1.43%)	9 (0.61%)
Kasih Ibu	45 (3.07%)	34 (2.32%)
Lipée Raya	15 (1.02%)	4 (0.27%)
Mtg Glp Dua Meunasah Dayah	50 (3.41%)	40 (2.72%)
Mawar	13 (0.89%)	16 (1.09%)
Meuriah	28 (1.91%)	8 (0.54%)
Mira Ganti	35 (2.38%)	13 (0.89%)
Pante Cut	2 (0.14%)	-
Pante Pisang	1 (0.07%)	-
Paya Lipah	1 (0.07%)	6 (0.41%)
Pulo Pisang	2 (0.14%)	2 (0.14%)
Segar Sari	22 (1.50%)	27 (1.84%)
Seulanga	33 (2.25%)	13 (0.89%)
Tanjong Paya	1 (0.07%)	-
Telaga Ilmu	23 (1.57%)	17 (1.16%)

Pada Tabel 10 adalah data menunjukkan distribusi kategori *stunting* di berbagai Posyandu, dengan jumlah balita dalam dua kategori: "Potensi *Stunting*" dan "Tidak *Stunting*". Beberapa Posyandu memiliki jumlah balita berisiko *stunting* yang lebih tinggi dibandingkan yang tidak, seperti Bungong Seulanga (141 vs. 83) dan Bungong Jeumpa (129 vs. 43), sementara beberapa lainnya memiliki distribusi lebih seimbang atau bahkan lebih banyak balita yang tidak mengalami *stunting*, seperti Segar Sari (22 vs. 27). Secara umum, prevalensi potensi *stunting* cukup tinggi di banyak Posyandu, menunjukkan perlunya intervensi yang lebih efektif dalam pencegahan *stunting*.

b. Berdasarkan Gender

Selain berdasarkan lokasi Posyandu, analisis juga dilakukan berdasarkan jenis kelamin (gender) untuk melihat distribusi potensi *stunting* antara balita laki-laki dan perempuan. Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel berikut :

Tabel 11. Hasil Perhitungan Frekuensi Berdasarkan Gender

Gender	Jumlah Potensi Stunting (%)	Jumlah Tidak Stunting (%)
Laki-Laki	509 (34.67%)	267 (18.19%)
Perempuan	456 (31.06%)	236 (16.08%)

Pada Tabel 11 menunjukkan Laki-laki memiliki jumlah potensi *stunting* lebih tinggi (509 balita, 34.67%) dibandingkan perempuan (456 balita, 31.06%). Jumlah balita yang tidak mengalami *stunting* juga lebih tinggi pada laki-laki (267 balita, 18.19%) dibandingkan perempuan (236 balita, 16.08%). Secara keseluruhan, potensi *stunting* lebih banyak terjadi dibandingkan dengan kondisi tidak *stunting* pada kedua gender.

c. Berdasarkan Usia (dalam bulan)

Selain berdasarkan gender, analisis juga dilakukan berdasarkan rentang usia balita untuk mengetahui sebaran potensi *stunting* pada kelompok usia yang berbeda. Hasil distribusi tersebut disajikan dalam Tabel berikut :

Tabel 12. Hasil Perhitungan Frekuensi Berdasarkan Usia

Rentang Usia (Bulan)	Jumlah Potensi Stunting (%)	Jumlah Tidak Stunting (%)
4-16	7 (0.48%)	210 (14.31%)
17-28	65 (4.43%)	250 (17.03%)
29-39	236 (16.08%)	43 (2.93%)
40-51	302 (20.57%)	0 (0.00%)
52-63	355 (4.18%)	0 (0.00%)

Pada Tabel 12 menunjukkan Rentang usia 52-60 bulan memiliki jumlah potensi *stunting* tertinggi (355 balita, 24.18%), diikuti oleh rentang 40-51 bulan (302 balita, 20.57%). Rentang usia 4-16 bulan memiliki jumlah balita tidak *stunting* tertinggi (210 balita, 14.31%), menunjukkan bahwa kondisi *stunting* lebih sedikit pada usia ini. Pada usia 40-60 bulan, tidak ada balita yang terdeteksi dalam kategori "tidak *stunting*", yang bisa mengindikasikan risiko peningkatan *stunting* seiring bertambahnya usia.

3.3 Implementasi

Berikut tangkapan layar hasil dari implementasi sistem berupa website berbasis *python* dimana berupa website yang dimana akan digunakan untuk pengembangan aplikasinya :

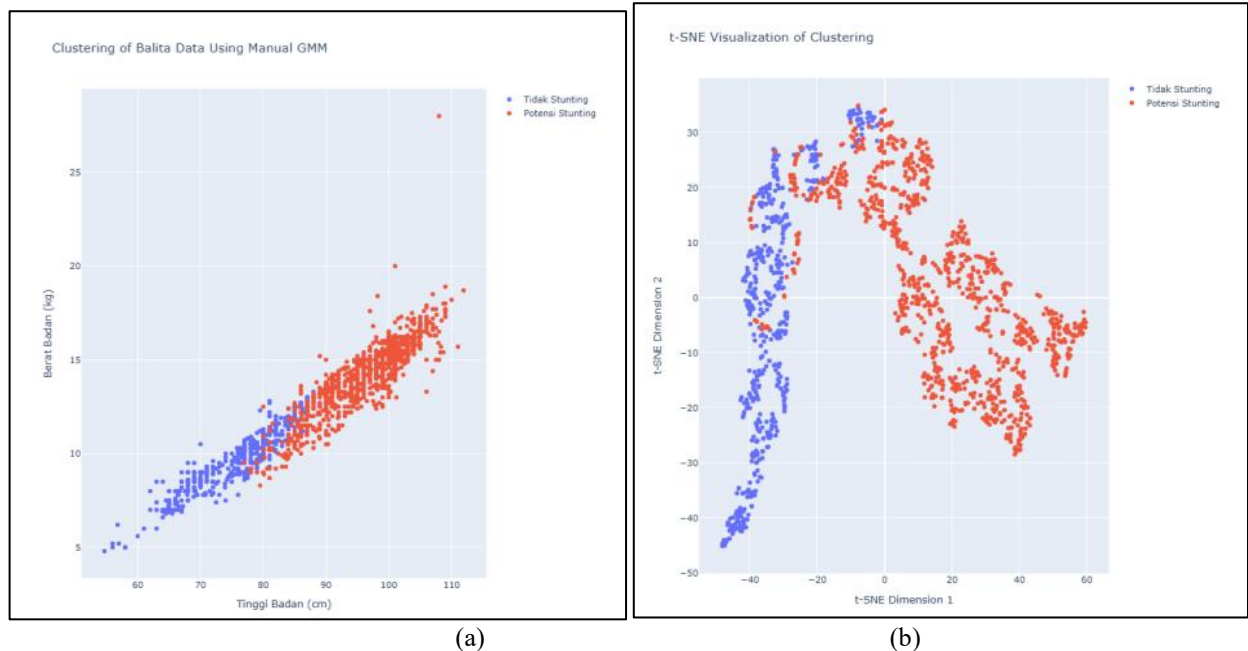
a. Dashbord Hasil

ID Balita	Nama	Usia (bulan)	Tinggi Badan (cm)	Berat Badan (kg)	Desa/Kel	Posyandu	Stunting Label
1	AAKIF ABADILLAH	31	91.0	14.1	MATANG SAGOE	BUNGONG SEULANGA	Potensi Stunting
2	AALIYAH	20	84.4	10.0	MATANG GLP DUA MEUNASAH DAYAH	MATANG GLP DUA MEUNASAH DAYAH	Potensi Stunting
3	AAQIL UMAIS	18	81.4	10.2	MATANG GLP DUA MEUNASAH DAYAH	MATANG GLP DUA MEUNASAH DAYAH	Potensi Stunting
4	ABDUL FATAH	55	94.0	12.5	GAMPONG RAYA DAGANG	BUNGONG SEULANGA	Potensi Stunting
5	ABDUL MUSAWWIR	57	101.0	15.5	ASAN BIDEUN	ASAN BIDEUN	Potensi Stunting
6	ABDUL SYARIF	21	77.0	9.5	GAMPONG PUTOH	BUNGA MAWAR	Tidak Stunting
7	ABDULLAH HASAN	28	87.0	12.9	PANTE GAJAH	BUNGONG JEUMPA	Tidak Stunting
8	ABIAN ZAFFI PUTRA	24	80.0	11.2	SEUNEUBOK ACEH	KASIH IBU	Tidak Stunting
9	ABID DILNAWAZ	17	75.4	9.2	MATANG GLP DUA MEUNASAH DAYAH	MATANG GLP DUA MEUNASAH DAYAH	Tidak Stunting
10	ABID RASYA	52	100.0	13.0	GAMPONG PUTOH	BUNGA MAWAR	Potensi Stunting
11	ABILAQMAR	58	101.0	15.5	GAMPONG PUTOH	BUNGA MAWAR	Potensi Stunting
12	ABIZAR	58	101.0	15.3	PANTE ARA	BUNGA MAWAR	Potensi Stunting
13	ABIZAR ALGIFARI	57	101.0	14.3	BLANG CUT SP IV	LIPEE RAYA	Potensi Stunting
14	ABIZAR ALQIFARI	62	101.0	16.2	BLANG CUT SP IV	LIPEE RAYA	Potensi Stunting

Gambar 3. Dashboard Hasil

Gambar 3 diatas merupakan dashboard web untuk visualisasi hasil *clustering* data balita menggunakan metode *Gaussian Mixture Model* (GMM). Di sisi kiri terdapat menu navigasi yang memungkinkan pengguna berpindah antara halaman "Dashboard", "*Clustering Results*", dan "*Retrain Model*". Bagian utama halaman menampilkan judul dan deskripsi singkat mengenai proses *clustering*.

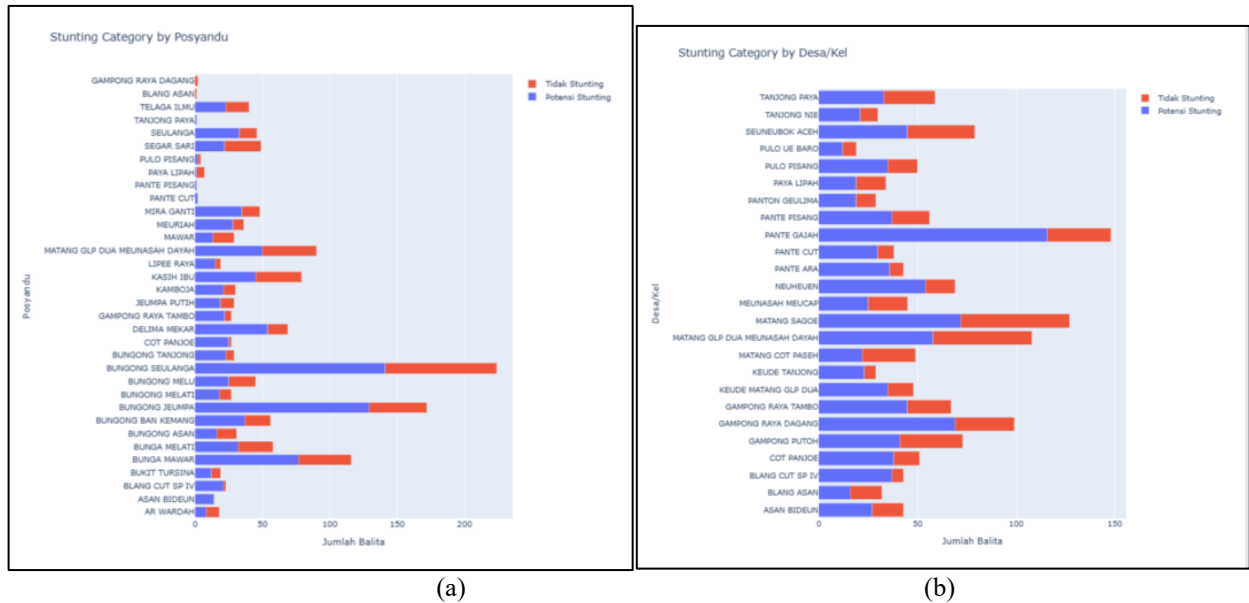
b. Grafik Visualisasi



Gambar 4. (a) dan (b) Element Visualisasi Klustering

Grafik (a) menunjukkan *clustering* data balita berdasarkan tinggi dan berat badan menggunakan metode *Gaussian Mixture Model* (GMM), di mana biru menandakan "*Tidak Stunting*" dan merah menunjukkan "*Potensi Stunting*", dengan pola bahwa balita dengan tinggi dan berat badan lebih kecil cenderung masuk kategori *stunting*. Grafik (b) menggunakan t-SNE untuk memvisualisasikan distribusi data dalam ruang berdimensi lebih rendah, tetap mempertahankan pola pemisahan yang jelas antara dua kelompok, yang mengonfirmasi bahwa model GMM (*Gaussian Mixture Model*) berhasil mengidentifikasi perbedaan karakteristik antar *cluster*.

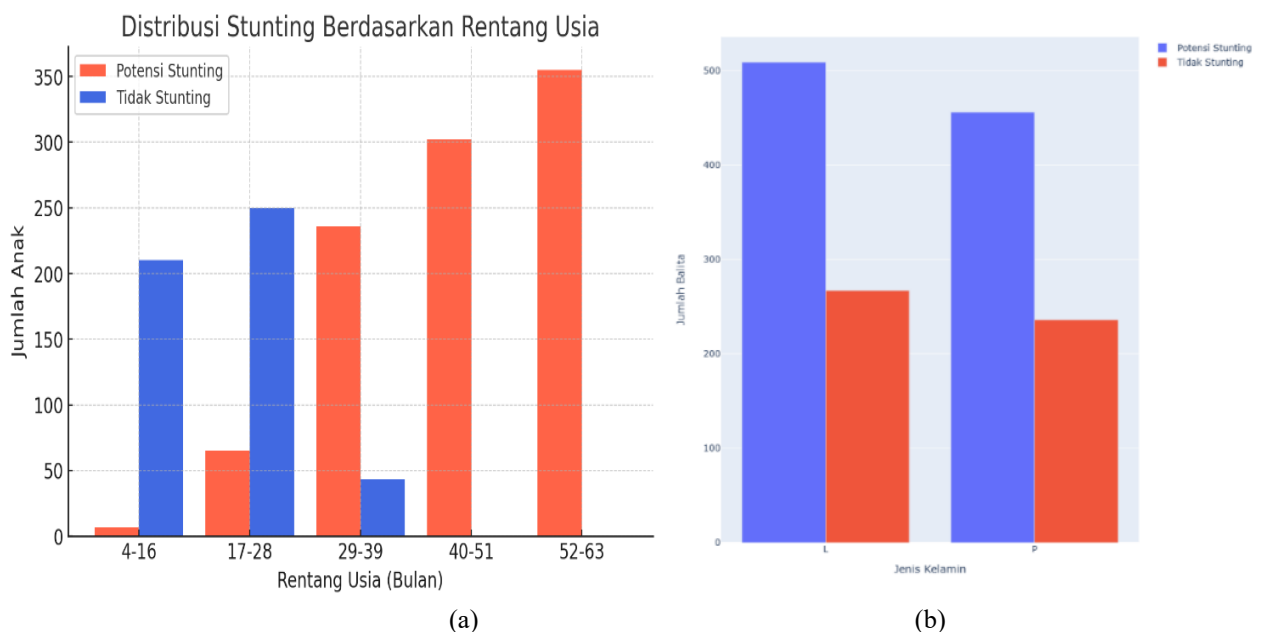
c. Grafi Berdasarkan Posyandu dan Desa/Kel



Gambar 5. (a) dan (b) Grafik Berdasarkan Posyandu dan Desa/Kel

Grafik (a) menunjukkan distribusi kategori *stunting* berdasarkan Posyandu, sedangkan grafik (b) berdasarkan Desa/Kelurahan, dengan dua kategori: Potensi *Stunting* (merah) dan Tidak *Stunting* (biru). Dari grafik, terlihat variasi jumlah balita dengan potensi *stunting* di berbagai wilayah, dengan beberapa Posyandu atau Desa/Kelurahan memiliki angka lebih tinggi dibanding lainnya. Data tabel di bawahnya memberikan frekuensi dan persentase masing-masing kategori, memperjelas sebaran kasus *stunting* di tingkat lokal.

d. Grafik Berdasarkan Umur dan Jenis Kelamin



Gambar 6. (a) dan (b) Grafik Berdasarkan Umur dan Jenis Kelamin

Fitur visualisasi data *stunting* berdasarkan jenis kelamin dan rentang usia dalam bentuk diagram batang serta tabel frekuensi dan persentase. Grafik (a) menunjukkan distribusi potensi *stunting* dan tidak *stunting* antara laki-laki (L) dan perempuan (P), sementara grafik (b) membandingkan kategori *stunting* dalam berbagai kelompok usia (bulan). Tabel di bawah masing-masing grafik memberikan detail jumlah dan persentase setiap kategori untuk analisis lebih lanjut.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengimplementasikan metode *Mixture Modelling* untuk melakukan klusterisasi data *stunting* pada balita di wilayah kerja Puskesmas Peusangan. Data yang digunakan mencakup informasi antropometri—seperti tinggi badan, berat badan, dan usia—serta faktor risiko lainnya yang diintegrasikan ke dalam algoritma *Gaussian Mixture Model* (GMM) berbasis *Expectation-Maximization* (EM). Proses dimulai dari pengumpulan dan pembersihan data, dilanjutkan dengan

normalisasi serta inisialisasi parameter model, kemudian dilakukan iterasi E-step dan M-step hingga model mencapai konvergensi. Hasil model yang telah terlatih digunakan untuk mengelompokkan balita ke dalam dua klaster, yaitu “Potensi Stunting” dan “Tidak Stunting”, yang selanjutnya divisualisasikan menggunakan grafik interaktif Plotly dan disimpan dalam format Excel untuk analisis lanjutan. Meskipun metode ini efektif untuk mengidentifikasi pola klasterisasi, hasil pengujian akurasi prediksi menunjukkan performa yang kurang optimal, dengan tingkat akurasi hanya sebesar 34,55%, sehingga belum direkomendasikan untuk prediksi individu. Analisis hasil klasterisasi juga menunjukkan perbedaan signifikan antar wilayah. Di tingkat Posyandu, misalnya, Posyandu Bungong Seulanga mencatat 141 balita berpotensi stunting dibandingkan dengan 83 balita tidak stunting. Sementara itu, di tingkat desa/kelurahan, Desa Pante Gajah memiliki 116 balita berpotensi stunting dan hanya 32 balita yang tergolong tidak stunting. Dari sisi demografis, jumlah balita laki-laki yang berpotensi stunting (509 balita) lebih tinggi dibandingkan balita perempuan (456 balita). Berdasarkan analisis rentang usia, kelompok usia 52–60 bulan merupakan yang paling banyak berpotensi stunting dengan 355 balita, sedangkan pada rentang usia 40–60 bulan tidak ditemukan balita yang tergolong tidak stunting. Temuan ini menunjukkan bahwa Mixture Modelling dapat menjadi alat bantu eksploratif dalam memahami pola stunting, meskipun akurasinya untuk klasifikasi individu perlu ditingkatkan melalui pendekatan atau fitur tambahan di masa mendatang.

REFERENCES

- [1] A. Rahayu, F. Yulidasari, A. O. Putri, and L. Anggraini, *Stunting dan Upaya Pencegahannya*. 2018.
- [2] Y. Hidayatillah, M. M. AR, Y. P. Astuti, and R. S. D. Kumala, “Pemberdayaan Masyarakat dalam Pencegahan Stunting Desa Aenganyar Kecamatan Giligenting Kabupaten Sumenep,” *J. Gembira Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 05, pp. 1195–1201, 2023.
- [3] T. Mulyaningsih, I. Mohanty, V. Widyaningsih, T. A. Gebremedhin, R. Miranti, and V. H. Wiyono, “Beyond personal factors: Multilevel determinants of childhood stunting in Indonesia,” *PLoS One*, vol. 16, no. 11, p. e0260265, 2021.
- [4] F. Mahmudah, N. Rahaningsih, R. D. Dana, and C. L. Rohmat, “Implementasi Data Mining Menggunakan Algoritma K-Means untuk Mempermudah Pengelompokan Wilayah Rawan Stunting di Kabupaten Cirebon,” *INTEK J. Inform. dan Teknol. Inf.*, vol. 8, no. 1, pp. 44–52, 2025.
- [5] N. Fauziah, “Penerapan Metode Finite Mixture Partial Least Square dalam Analisis Structural Equation Modeling Pada Data Pendidikan di Indonesia Tahun 2022.” universitas hasanuddin makassar, 2024.
- [6] A. Asrianda and I. Damayanti, “The Use Of Classification And Regression Tree (CART) Algorithm In Predicting Rice Yield Based On The Amount Of Subsidized Fertilizer Usage In Lokseumawe City,” *J. Multimed. dan Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 02, pp. 183–198, 2024.
- [7] M. Faisal, N. Nurdin, F. Fajriana, and Z. Fitri, “Information and communication technology competencies clustering for students for vocational high school students using K-Means clustering algorithm,” *Int. J. Eng. Sci. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 3, pp. 111–120, 2022.
- [8] R. Ummami and B. Winarno, “Gaussian Mixture Model dengan Algoritme Expectation Maximization untuk Pengelompokan Data Distribusi Air Bersih di Jawa Barat,” *Prism. Pros. Semin. Nas. Mat.*, vol. 6, pp. 745–750, 2023.
- [9] R. P. Fitri, A. N. Rahma, R. Selviana, A. Ramadanti, S. N. Adinda, and E. Amelia, “Edukasi Pencegahan Stunting pada Anak di Desa Karya Indah,” *NuCSJo Nasant. Community Serv. J.*, vol. 1, no. 3, pp. 195–199, 2025.
- [10] D. Aprilia, “Perbedaan Risiko Kejadian Stunting Berdasarkan Umur Dan Jenis Kelamin,” *J. Kebidanan*, vol. 11, no. 2, pp. 25–31, 2022.
- [11] H. Madania Insani, “Stunting in Indonesia: Why is it Increasing? A R T I C L E I N F O,” *J. Appl. Food Nutr.*, vol. 1, no. 2, pp. 67–72, 2020.
- [12] Y. F. P. Wangge, I. A. T. Hinga, A. B. Sir, and Y. K. Syamruth, “Analisis Faktor Risiko Kejadian Stunting pada Balita di Wilayah Kerja Puskesmas Ngilupolo Kabupaten Ende,” *J. Bid. Ilmu Kesehat.*, vol. 15, no. 1, pp. 28–43, 2025.
- [13] R. F. J. N. Huljannah, and T. N. Rochmah, “Stunting Prevention Program in Indonesia: A SYSTEMATIC REVIEW,” *Media Gizi Indones.*, vol. 17, no. 3, pp. 281–292, 2022, doi: 10.20473/mgi.v17i3.281-292.
- [14] W. Rahmatika, Y. Bawono, and R. Rosyidah, “Cuci Tangan Pakai Sabun sebagai Upaya Pencegahan Stunting di Desa Tajungan Kecamatan Kamal Kabupaten Bangkalan,” in *PROSIDING SEMINAR NASIONAL PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (SNPP)*, 2023, vol. 2, pp. 74–83.
- [15] D. N. Pakha *et al.*, “Edukasi Pencegahan Stunting sebagai Upaya Penekanan Angka Stunting di Desa Trombol Sragen,” vol. 5, no. 1, pp. 1–9, 2025.
- [16] A. T. Mulyani, M. A. Khairinisa, and A. Khatib, “Understanding Stunting : Impact , Causes , and Strategy to Accelerate Stunting Reduction — A Narrative Review,” 2025.
- [17] P. Priati *et al.*, “PENGUNAAN TEKNIK DATA MINING DALAM ANALISIS IZIN TINGGAL KEIMIGRASIAN,” 2024.
- [18] V. Gómez-Rubio, “Handbook of Mixture Analysis,” *J. R. Stat. Soc. Ser. A Stat. Soc.*, vol. 184, no. 2, pp. 787–788, 2021, doi: 10.1111/rssa.12673.
- [19] B. Panić, J. Klemenc, and M. Nagode, “Improved Initialization of the EM Algorithm for Mixture Model Parameter Estimation,” *Mathematics*, 2020, doi: <https://doi.org/10.3390/math8030373>.
- [20] K. Rahmadani, “Segmentasi customer lifetime value menggunakan metode hubungan length recency frequency monetary Dan algoritma clustering expectation maximization.” Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2024.
- [21] U. Rizqi, “Gaussian Mixture Model dengan Algoritme Expectation Maximization untuk Pengelompokan Data Distribusi Air Bersih di Jawa Barat,” in *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 2023, vol. 6, pp. 745–750.