

Pemanfaatan *Differential Evolution* untuk Optimasi Kebutuhan Gizi Balita Gizi Kurang dan Buruk

<http://dx.doi.org/10.28932/jutisi.v12i1.12788>

Riwayat Artikel

Received: 22 Juli 2025 | Final Revision: 25 Maret 2026 | Accepted: 1 April 2026

Creative Commons License 4.0 (CC BY – NC)



Sinyo April Dethan^{✉#1}, Adriana Fanggidae^{#2}, Juan Rizky Mannuel Ledoh^{#3}, Yulianto Triwahyuadi Polly^{#4}

[#] Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Nusa Cendana
Jl. Adisucipto Penfui, Kupang, 85148, Indonesia

¹sinyoaprildethan@gmail.com

²adrianafanggidae@staf.undana.ac.id

³juanledoh@staf.undana.ac.id

⁴yuliantopolly@staf.undana.ac.id

[✉]Corresponding author: sinyoaprildethan@gmail.com

Abstrak — Masalah gizi pada balita khususnya gizi kurang (*wasted*) dan gizi buruk (*severely wasted*), masih menjadi tantangan serius di Indonesia, khususnya di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem optimasi menu makanan harian bagi balita gizi kurang dan buruk (*wasted dan severely wasted*) usia 12-59 bulan dengan menggunakan algoritma *Differential Evolution* (DE). Sistem dirancang untuk menyeimbangkan kebutuhan gizi makro (energi, protein, lemak, karbohidrat, serat) dan gizi mikro (kalsium, zat besi, seng, tembaga, fosfor, vitamin C). Basis data yang digunakan terdiri dari bahan makanan yang umum dijumpai dan mudah diakses di NTT, yang dikelompokkan ke dalam kategori makanan pokok, lauk-pauk, sayuran, dan buah-buahan. Algoritma DE diimplementasikan untuk menghasilkan kombinasi menu yang optimal, variatif, dan terjangkau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma DE berhasil menyusun rekomendasi menu yang seimbang. Konfigurasi optimal dicapai dengan ukuran populasi 20 dan 1.500 iterasi, yang secara konsisten menghasilkan solusi menu yang valid dengan waktu komputasi efisien. Sistem ini terbukti efektif sebagai alat bantu untuk mengatasi masalah pemenuhan gizi balita dengan mempertimbangkan variasi bahan pangan lokal dan keterjangkauan harga.

Kata kunci— Algoritma *Differential Evolution* (DE); Gizi Balita; Gizi Buruk; Gizi Kurang; Optimasi Menu.

Optimizing Nutritional Needs for Wasted and Severely Wasted Toddlers Using Differential Evolution

Abstract — *Malnutrition in toddlers, particularly wasting and severe wasting, remains a significant challenge in Indonesia, particularly in the East Nusa Tenggara (NTT) province. This study aims to develop a daily food menu optimization system for wasted and severely wasted toddlers aged 12-59 months using the Differential Evolution (DE) algorithm. The system is designed to balance macronutrient (energy, protein, fat, carbohydrates, fiber) and micronutrient (calcium, iron, zinc, copper, phosphorus, vitamin C) needs. The utilized database consists of food items commonly found and easily accessible in NTT, categorized into staple foods, side dishes, vegetables, and fruits. The DE algorithm was implemented to generate optimal, varied, and affordable menu combinations.*

The results show that the DE algorithm successfully created balanced menu recommendations. The optimal configuration was achieved with a population size of 20 and 1,500 iterations, consistently producing valid menu solutions with efficient computation time. This system proves to be an effective tool for addressing toddler nutritional fulfillment by considering local food variety and affordability.

Keywords— *Differential Evolution Algorithm (DE); ; Menu Optimization; Severely Wasted; Toddler Nutrition; Wasted.*

I. PENDAHULUAN

Balita merupakan anak berusia 12 hingga 59 bulan, yang berada dalam masa pertumbuhan dan perkembangan pesat sehingga memerlukan perhatian khusus terhadap kecukupan gizinya [1]. Pada tahap ini, pemberian gizi yang seimbang dan berkualitas sangat penting untuk mendukung proses tumbuh kembang serta mencegah risiko gangguan kesehatan akibat kekurangan nutrisi [2]. Gizi seimbang mencakup asupan berbagai zat gizi makro dan mikro dalam jumlah yang sesuai kebutuhan, sehingga mampu menunjang kesehatan dan perkembangan balita secara optimal [3].

Masalah kekurangan gizi, khususnya *wasting* (gizi kurang dan gizi buruk), masih menjadi tantangan serius di Indonesia, terutama di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT). Dalam penelitian [4] diungkapkan bahwa, berdasarkan data Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) tahun 2022, prevalensi *wasting* secara nasional mencapai 7,7%. Di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT), angka tersebut justru meningkat dari 8,5% pada tahun 2022 menjadi 9% pada tahun 2023. Peningkatan ini turut dipengaruhi oleh rendahnya tingkat pendidikan perempuan serta kondisi iklim dan kualitas tanah yang kurang mendukung diversifikasi pangan lokal.

Sejalan dengan penelitian [5], yang mengoptimalkan menu makanan pendamping ASI (MPASI) bagi bayi usia 0–24 bulan menggunakan algoritma genetika, penelitian tersebut mempertimbangkan kecukupan zat gizi makro yaitu karbohidrat, protein, dan lemak sebagai dasar evaluasi menu yang dihasilkan. Dalam penelitian [4], digunakan algoritma *Multi-Complex Differential Evolution* untuk menyusun menu bergizi bagi balita dengan kondisi *wasting* di wilayah Nusa Tenggara Timur (NTT), dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan pangan lokal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma tersebut mampu menghasilkan menu yang variatif dan sesuai dengan kebutuhan zat gizi makro, seperti energi, protein, lemak, karbohidrat, dan serat. Meskipun demikian, kajian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, antara lain belum mengintegrasikan zat gizi mikro secara eksplisit ke dalam formulasi fungsi objektif, tidak melibatkan kelompok buah-buahan karena keterbatasan ketersediaan musiman, serta belum memasukkan harga bahan makanan sebagai variabel dalam proses optimasi.

Selain kebutuhan gizi makro, pemenuhan gizi mikro juga sangat penting karena berperan dalam berbagai fungsi fisiologis vital. Zat besi, misalnya, dibutuhkan untuk pembentukan sel darah merah; kalsium dan fosfor menunjang pertumbuhan dan kekuatan tulang; seng dan tembaga mendukung fungsi enzim dan kekebalan tubuh; sementara vitamin C berperan dalam penyerapan zat besi serta menjaga daya tahan tubuh [6]. Kekurangan mikronutrien, meskipun tidak selalu tampak secara kasat mata seperti *wasting* atau *stunting*, dapat berdampak pada perkembangan kognitif, fungsi saraf, dan meningkatkan kerentanan terhadap infeksi. Buah-buahan merupakan salah satu sumber utama vitamin, mineral, dan serat yang sangat dibutuhkan dalam masa pertumbuhan balita [7].

Efektivitas algoritma *Differential Evolution* (DE) telah terbukti dalam berbagai konteks. Salah satu penelitian menunjukkan bahwa DE mampu menghasilkan menu bagi penderita diabetes melitus dengan mempertimbangkan kebutuhan gizi khusus [8]. Di bidang logistik, DE berhasil menyelesaikan *vehicle routing problem* dengan skenario *delivery-pickup*, dan mampu mengurangi total biaya perjalanan hingga 16,5% dibandingkan dengan metode konvensional [9]. Penelitian lain oleh [10] menunjukkan bahwa algoritma DE dapat menghemat jarak tempuh hingga 19,68% dan total waktu perjalanan sebesar 48,22% dalam optimasi rute distribusi produk Nestlé. Keberhasilan-keberhasilan ini memperkuat validitas DE dalam menyelesaikan masalah kompleks dengan banyak variabel dan kendala, termasuk dalam konteks optimasi kebutuhan gizi balita secara realistis. Dalam penelitian ini, algoritma DE digunakan untuk menyusun menu bergizi bagi balita dengan kondisi *wasting*, dengan mempertimbangkan kebutuhan zat gizi makro dan mikro, memasukkan buah-buahan sebagai bagian dari bahan makanan, serta menghitung estimasi harga dari setiap menu yang dihasilkan oleh sistem.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat diidentifikasi adanya *research gap* pada penelitian optimasi menu gizi balita, khususnya untuk balita dengan kondisi gizi kurang dan gizi buruk, yaitu belum adanya pendekatan optimasi yang secara simultan mengintegrasikan kebutuhan zat gizi makro dan mikro, pemanfaatan buah-buahan sebagai sumber mikronutrien, serta aspek biaya dalam satu kerangka pemodelan yang utuh. Penelitian-penelitian sebelumnya umumnya masih berfokus pada gizi makro atau belum memasukkan variabel harga dan keberagaman bahan pangan secara komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kontribusi baru dengan menerapkan algoritma DE untuk menyusun menu gizi balita yang tidak hanya memenuhi kecukupan gizi makro dan mikro sesuai rekomendasi, tetapi juga mempertimbangkan ketersediaan bahan pangan lokal, inklusi buah-buahan, serta estimasi biaya menu secara realistis. Kontribusi ini diharapkan dapat

memperkaya kajian optimasi gizi berbasis kecerdasan buatan serta memberikan alternatif solusi yang aplikatif bagi penanganan masalah wasting pada balita, khususnya di wilayah dengan keterbatasan sumber daya seperti Provinsi NTT.

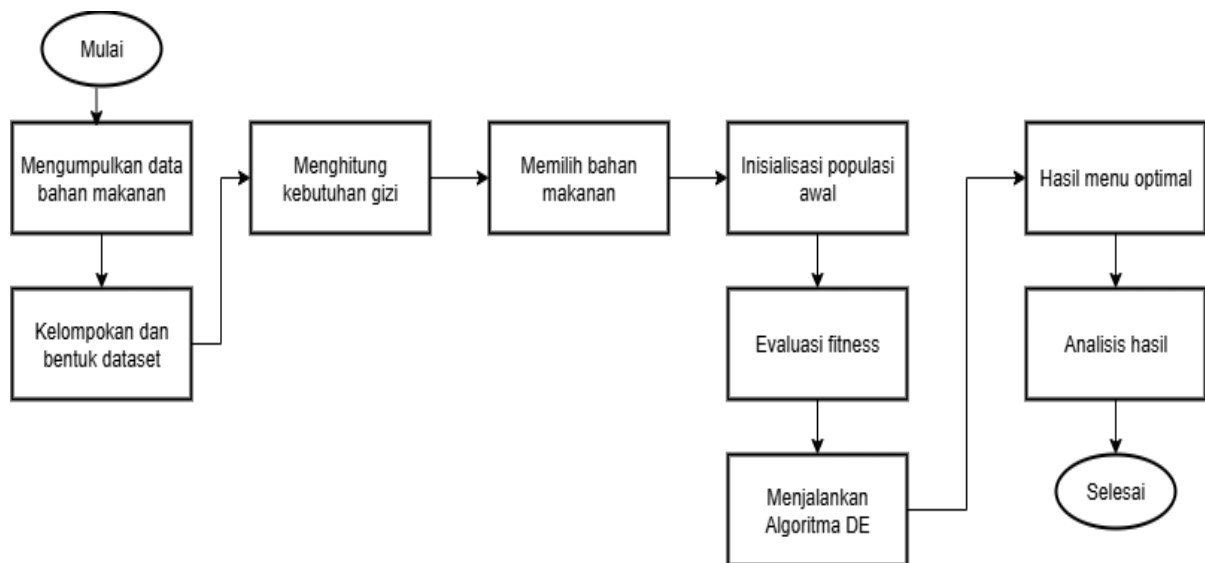
II. METODE PENELITIAN

A. Dataset

Penelitian ini memanfaatkan data komposisi bahan pangan dan kandungan nutrisinya yang diperoleh dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia serta dari situs daring <https://nilaigizi.com/> yang diakses pada 20 februari 2025. Selain itu, data pendukung lainnya dikumpulkan dari berbagai sumber relevan dan disajikan dalam bentuk tabel pada penelitian ini. Seluruh data yang digunakan bersifat terbuka dan dapat diakses publik, sehingga mendukung prinsip transparansi serta memungkinkan replikasi penelitian di masa mendatang.

B. Rancangan Penelitian

Pada Gambar 1, tahapan awal dimulai dari tahap persiapan data, yang mencakup proses pengumpulan informasi terkait bahan makanan. Data yang dikumpulkan meliputi kandungan nutrisi dan harga dari masing-masing bahan, yang diperoleh dari sumber resmi seperti Kementerian Kesehatan serta referensi relevan lainnya. Seluruh data difokuskan pada kebutuhan anak usia 12 hingga 60 bulan, dengan mempertimbangkan ketersediaan pangan lokal. Selanjutnya, bahan makanan dikelompokkan ke dalam kategori seperti makanan pokok, lauk pauk, sayuran, dan buah-buahan untuk membentuk *master dataset*. Tahap berikutnya adalah perhitungan kebutuhan gizi harian balita secara individual, yang mencakup kebutuhan zat gizi makro (energi, protein, lemak, karbohidrat, dan serat) serta zat gizi mikro (kalsium, zat besi, seng, tembaga, fosfor, dan vitamin C), berdasarkan jenis kelamin, usia, berat badan, dan tinggi badan. Setelah itu, sistem membatasi ruang solusi berdasarkan bahan makanan yang diinput oleh pengguna, sehingga hanya bahan yang benar-benar tersedia di rumah yang digunakan dalam proses penyusunan menu. Tahap akhir adalah implementasi algoritma DE untuk menghasilkan menu yang optimal. Hasil akhirnya berupa rekomendasi menu terbaik yang tidak hanya seimbang secara nutrisi, tetapi juga bervariasi, terjangkau, serta relevan dengan kondisi lokal dan ketersediaan bahan pangan.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

C. Gizi Balita

Penelitian ini menggunakan indeks Berat Badan menurut Panjang Badan (BB/PB) untuk menilai status gizi anak. Indeks BB/PB mencerminkan kesesuaian berat badan anak terhadap panjang badannya, sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi kondisi seperti gizi kurang (*wasting*), gizi buruk (*severe wasting*), maupun risiko gizi lebih (*overweight*) [11]. Gizi buruk dapat disebabkan oleh kurangnya asupan nutrisi dan/atau adanya penyakit, baik yang bersifat jangka pendek (akut) maupun jangka panjang (kronis) [12]. Kategori dan ambang batas status gizi balita disajikan pada Tabel 1.

TABEL 1
KATEGORI DAN AMBANG BATAS STATUS GIZI BALITA

Indeks	Kategori Status Gizi	Ambang Batas *) (Z-Score)
Berat Badan menurut Panjang Badan atau Tinggi Badan (BB/PB atau BB/TB) anak usia 0 - 60 bulan	Gizi buruk (<i>severely wasted</i>)	< -3 SD
	Gizi kurang (<i>wasted</i>)	-3 SD sd < -2 SD
	Gizi baik (<i>normal</i>)	-2 SD sd +1 SD
	Berisiko gizi lebih (<i>possible risk of overweight</i>)	> + 1 SD sd + 2 SD
	Gizi lebih (<i>overweight</i>)	> + 2 SD sd + 3 SD
	Obesitas (<i>obese</i>)	> + 3 SD

*) SD merujuk pada Standar Deviasi

Zat gizi yang terkandung dalam makanan sehari-hari dibagi menjadi dua kelompok utama berdasarkan jumlah kebutuhannya, yaitu zat gizi makro dan zat gizi mikro. Zat gizi makro, seperti karbohidrat (*K*), protein (*P*), dan lemak (*L*), dibutuhkan tubuh dalam jumlah besar karena berperan sebagai sumber utama energi. Energi (*E*) diperoleh dari hasil metabolisme ketiga zat gizi makro tersebut. Karbohidrat berfungsi sebagai sumber energi utama, protein berperan sebagai zat pembangun untuk pertumbuhan dan perbaikan jaringan, sedangkan lemak berfungsi sebagai cadangan energi dan membantu penyerapan vitamin [13]. Kebutuhan gizi makro pada balita dapat di lihat pada Tabel 2.

TABEL 2
KEBUTUHAN HARIAN GIZI MAKRO PADA BALITA

Energi (kcal)		Karbohidrat (gr)	Lemak (gr)	Protein (gr)
Umur 1-3 tahun	Umur 4-5 tahun			
(100)SDmin -(100)SDmin	(90)SDmin -(90)SDmin	55% - 75%	15% - 35%	10% - 20%
		Kebutuhan Energi	Kebutuhan Energi	Kebutuhan Energi

Kebutuhan serat pangan (*S*) dalam perencanaan menu balita ditetapkan dengan mempertimbangkan tantangan konsumsi yang bersifat praktis. Meskipun sumber utama serat seperti sayur dan buah telah dimasukkan, konsumsi aktual pada balita sering terkendala oleh preferensi makan yang selektif, di mana anak cenderung menolak sayuran. Selain itu, kondisi iklim dan faktor alam di NTT menyebabkan ketersediaan buah-buahan bersifat musiman. Untuk itu, agar menu yang dihasilkan tetap realistis dan dapat diterima, batas minimal asupan serat ditetapkan secara praktis sebesar 1,5 gram per hari. Sementara itu, untuk mencegah potensi gangguan penyerapan nutrisi akibat kelebihan serat, batas maksimum ditetapkan sebesar 14 gram per 1.000 kkal kebutuhan energi.

Sementara itu, gizi mikro, seperti vitamin dan mineral, meski dibutuhkan dalam jumlah kecil, memiliki peran krusial dalam mendukung berbagai proses metabolisme dan menjaga fungsi tubuh. Vitamin membantu dalam pemrosesan zat gizi lain. Mineral berperan dalam keseimbangan cairan, kontraksi otot, dan fungsi enzim. Keduanya diperlukan agar proses tubuh berjalan optimal dan kesehatan tetap terjaga, khususnya pada masa pertumbuhan anak-anak [14]. Kebutuhan gizi mikro pada balita dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 3
KEBUTUHAN HARIAN GIZI MIKRO PADA BALITA

Umur (bulan)	Kalsium (mg)		Zat Besi (mg)		Seng (mg)		Tembaga (mg)		Fosfor (mg)		Vit C (mg)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
6-11	260	1.500	11	40	3	5	0,22	1	275	3.000	50	400
12-36	700	2.500	7	40	3	7	0,34	2	460	3.000	15	400
37-60	1.000	2.500	10	40	5	12	0,44	3	500	3.000	25	650

D. Algoritma Differential Evolution

Algoritma *Differential Evolution* (DE) merupakan salah satu varian dari Algoritma Evolusi (*Evolutionary Algorithm/EA*) yang bekerja dengan memanfaatkan tiga operator utama, yaitu mutasi, persilangan (*crossover*), dan seleksi, yang digunakan untuk menghasilkan solusi optimal melalui proses evolusi berbasis populasi secara iteratif. Secara garis besar, langkah-langkah untuk mengimplementasikan algoritma DE adalah sebagai berikut: inialisasi populai, mutasi, *crossover*, dan seleksi, dengan parameter *F* dan *Cr* yang digunakan adalah 0,5 [4], [15].

Algoritma *Differential Evolution* sama dengan algoritma teknik optimasi lainnya, di mana terdapat tiga komponen utama yang sangat penting untuk mendefinisikan suatu masalah optimasi, yaitu fungsi variabel solusi, fungsi batasan, dan fungsi objektif.

1) *Varibel Solusi*

Variabel solusi dalam penelitian ini merepresentasikan kuantitas dari setiap kelompok makanan yang akan dioptimalkan. Variabel-variabel tersebut terdiri dari empat komponen utama, yaitu Makanan Pokok, untuk Lauk Pauk, Sayuran, dan Buah-buahan.

2) *Fungsi Batasan*

- Batasan asupan harian untuk setiap kelompok makanan dalam satuan gram, yang meliputi Makanan Pokok (M), Lauk-Pauk (L), Sayuran (S), dan Buah-buahan (B), seperti yang disajikan pada Persamaan 5

$$\begin{aligned} 150 &\leq M \leq 450 \\ 70 &\leq L \leq 300 \\ 150 &\leq S \leq 250 \\ 100 &\leq B \leq 150 \end{aligned} \tag{5}$$

- Batasan kebutuhan gizi makro pada balita dari semua kelompok makanan, disajikan pada Persamaan 6, dimana B merepresetasikan kebutuhan dari nutrisi tersebut sedangkan O merepresentasikan nutrisi yang diperoleh dari semua kelompok makanan

$$\begin{aligned} E_{B_{min}} &= \begin{cases} 100 \times SD_{min} & \text{usia 1-3 tahun} \\ 90 \times SD_{min} & \text{usia 4-5 tahun} \end{cases} \\ E_{B_{max}} &= \begin{cases} 100 \times SD_{max} & \text{usia 1-3 tahun} \\ 90 \times SD_{max} & \text{usia 4-5 tahun} \end{cases} \\ E_{B_{min}} &\leq E_O \leq E_{B_{max}} \\ \frac{55\% \times E_{B_{min}}}{4} &\leq K_O \leq \frac{75\% \times E_{B_{max}}}{4} \\ \frac{15\% \times E_{B_{min}}}{9} &\leq L_O \leq \frac{35\% \times E_{B_{max}}}{9} \\ \frac{10\% \times E_{B_{min}}}{4} &\leq P_O \leq \frac{20\% \times E_{B_{max}}}{4} \\ 1,5 &\leq S_O \leq \frac{14 \times E_{B_{max}}}{1000} \end{aligned} \tag{6}$$

- Batasan kebutuhan gizi mikro pada balita disajikan dalam satuan miligram (mg) berdasarkan kelompok umur (bulan). Dalam konteks ini tidak digunakan batas atas (max) tradisional; melainkan *Tolerable Upper Intake Level* (UL) yaitu batas tertinggi konsumsi harian yang masih aman berdasarkan *Dietary Reference Intakes* (DRI), seperti yang ditetapkan oleh *Food and Nutrition Board* [16].

Kelompok umur 6-11 bulan

$$\begin{aligned} 260 &\leq Ca \leq 1500 \\ 11 &\leq Fe \leq 40 \\ 3 &\leq Zn \leq 5 \\ 0.22 &\leq Cu \leq 1 \\ 275 &\leq P \leq 3000 \\ 50 &\leq VitC \leq 400 \end{aligned} \tag{7}$$

Kelompok umur 12-36 bulan

$$\begin{aligned} 700 &\leq Ca \leq 2500 \\ 7 &\leq Fe \leq 40 \\ 3 &\leq Zn \leq 7 \\ 0.34 &\leq Cu \leq 2 \\ 460 &\leq P \leq 3000 \\ 15 &\leq VitC \leq 400 \end{aligned} \tag{8}$$

Kelompok umur 37-60 bulan

$$\begin{aligned}
 1000 &\leq Ca \leq 2500 \\
 10 &\leq Fe \leq 40 \\
 5 &\leq Zn \leq 12 \\
 0.44 &\leq Cu \leq 3 \\
 500 &\leq P \leq 3000 \\
 25 &\leq VitC \leq 650
 \end{aligned} \tag{9}$$

3) Fungsi Objektif

Misalkan T_i adalah nilai total zat gizi ke- i hasil dari kombinasi seluruh bahan makanan, dengan K_{min} dan K_{max} masing-masing merupakan batas bawah dan batas atas kebutuhan gizi ke- i , dan n adalah jumlah semua zat gizi yang digunakan dalam perhitungan yang mencakup gizi makro dan gizi mikro. Maka fungsi penalti dan fungsi fitness didefinisikan sebagai berikut:

- Fungsi penalti bertujuan untuk meminimalkan pelanggaran terhadap batas kebutuhan zat gizi, baik jika kekurangan maupun kelebihan.

$$f_{obj1} = \sum_{i=1}^n \delta_i \tag{10}$$

Dengan:

$$\delta_i = \begin{cases} 0, & \text{jika } K_{\min(i)} \leq T_i \leq K_{\max(i)} \\ 1, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

Nilai δ_i akan menjadi 1 jika nilai total zat gizi T_i berada di luar rentang yang diperbolehkan, dan 0 jika berada dalam rentang yang sesuai.

- Fungsi fitness bertujuan memaksimalkan pemanfaatan zat gizi yang tersedia dari seluruh bahan makanan dalam batas yang diperbolehkan, dengan cara meminimalkan selisih terhadap nilai optimal (batas atas kebutuhan gizi).

$$f_{obj2} = \sum_{i=1}^n P_i \tag{11}$$

Dengan:

$$P_i = \begin{cases} 0, & \text{jika } K_{\min(i)} \leq T_i \leq K_{\max(i)} \\ (T_i - K_{\max(i)}), & \text{jika } T_i > K_{\max(i)} \\ (K_{\min(i)} - T_i), & \text{jika } T_i < K_{\min(i)} \end{cases}$$

Nilai P_i menunjukkan deviasi dari batas ideal. Jika nilai zat gizi berada dalam rentang, maka tidak ada deviasi (0). Jika di luar rentang, maka dihitung berdasarkan selisih absolut terhadap batas yang dilanggar.

Penyusunan menu dalam penelitian ini memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi karena melibatkan interaksi antara preferensi bahan makanan yang dipilih pengguna, kebutuhan gizi individual balita, serta sejumlah batasan nutrisi yang harus dipenuhi secara simultan. Ruang solusi tidak bersifat tetap, melainkan dinamis, karena hanya bahan makanan yang benar-benar tersedia dan dipilih yang digunakan dalam proses optimasi. Setiap kombinasi menu harus memenuhi batasan gizi makro dan mikro berdasarkan kelompok umur, menjaga asupan serat dalam rentang praktis, serta meminimalkan pelanggaran terhadap batas atas asupan aman untuk zat gizi makro dan mikro. Kompleksitas ini semakin meningkat karena fungsi objektif dirancang untuk menyeimbangkan kecukupan nutrisi, menjadikan masalah optimasi bersifat multi-kriteria dan dibatasi secara ketat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merancang sebuah sistem yang ditujukan bagi anak-anak berusia 12 hingga 60 bulan. Basis data yang digunakan terdiri dari berbagai bahan pangan yang lazim ditemukan dan mudah diakses oleh masyarakat di wilayah Nusa Tenggara Timur (NTT). Komposisi bahan makanan dalam setiap kelompok meliputi 41 jenis makanan pokok, 55 jenis lauk-pauk, 55 jenis sayuran, serta 40 jenis buah-buahan. Sistem ini kemudian diuji untuk mengevaluasi pengaruh variasi ukuran populasi dan jumlah iterasi maksimum terhadap kemampuan dalam menghasilkan menu yang memenuhi standar kebutuhan gizi yang telah ditentukan.

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan data seorang balita laki-laki berusia 16 bulan yang memiliki berat badan 8,5 kg dan tinggi badan 85 cm. Berdasarkan informasi tersebut, perhitungan kebutuhan zat gizi makro dan mikro dilakukan, dengan hasil yang ditampilkan pada Tabel 4 dan Tabel 5. Adapun menu pilihan orang tua disajikan pada Tabel 6.

TABEL 4
KEBUTUHAN GIZI MAKRO BALITA

Berat badan ideal (kg)		Energi (kkal)		Karbohidrat (gr)		Lemak (gr)		Protein (gr)		Serat (gr)	
Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
9,8	12,5	980	1.250	134,75	234,75	16,33	48,61	24,5	62,5	1,5	17,5

TABEL 5
KEBUTUHAN GIZI MIKRO BALITA

Umur (bulan)	Kalsium (mg)		Zat Besi (mg)		Seng (mg)		Tembaga (mg)		Fosfor (mg)		Vit C (mg)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
16	700	2.500	7	40	3	7	0,34	2	460	3.000	15	400

TABEL 6
BAHAN MAKANAN TERPILIH

Kasus	Bahan Makanan	Kombinasi Menu
1	Pokok = {beras putih ¹ , beras ladang ⁵ } Lauk = {tahu mentah ⁴ , ikan kembung ³⁶ } Sayur = {bayam putih ¹ , daun kelor ¹⁶ } Buah = {pisang ambon ³⁰ , srikaya ⁴⁰ }	2C ₁ (2C ₁)(2C ₁)2C ₁ = 16
2	Pokok = {beras putih ¹ , beras ladang ⁵ , jagung muda ⁷ , biskuit ¹⁸ , singkong ²² } Lauk = {tahu mentah ⁴ , ikan kembung ³⁶ , tempe kedelai murni/mentah ⁵ , ikan tembang ⁴² , telur ayam ras ⁵² } Sayur = {bayam putih ¹ , daun kelor ¹⁶ , daun katuk ¹¹ , sawi ⁵² , wortel ⁵⁸ } Buah = {jambu air ¹³ , pepaya ²⁹ , pisang ambon ³⁰ , semangka ³⁷ , srikaya ⁴⁰ }	5C ₁ (5C ₁)(5C ₁)5C ₁ = 625
3	Pokok = {beras putih ¹ , beras ladang ⁵ , jagung muda ⁷ , biskuit ¹⁸ , bihun ⁹ , makaroni ¹³ , kentang ²¹ , singkong ²² , talas ²³ , ubi jalar kuning ²⁴ } Lauk = {kacang tanah ² , tahu mentah ⁴ , ikan kembung ³⁶ , tempe kedelai murni/mentah ⁵ , daging ayam ⁷ , daging babi ⁸ , ikan cakalang ²³ , ikan tembang ⁴¹ , ikan tongkol ⁴⁴ , telur ayam ras ⁵² } Sayur = {bayam putih ¹ , daun kelor ¹⁶ , daun katuk ¹³ , daun singkong ²⁶ , kangkung ³⁶ , labu kuning ⁴⁴ , labu siam ⁴⁵ , sawi ⁵² , terong ⁵⁵ , wortel ⁵⁸ } Buah = {alpukat ¹ , jambu air ¹³ , mangga ²³ , nangka ²⁸ , pepaya ²⁹ , pisang ambon ³⁰ , pisang mas ³² , semangka ³⁷ , sirsak ³⁸ , srikaya ⁴⁰ }	10C ₁ (10C ₁)(10C ₁)10C ₁ = 10.000

Data pada Tabel 6 digunakan sebagai dasar untuk membentuk individu-individu dengan panjang dimensi yang sesuai dengan jumlah kemungkinan kombinasi menu. Pada Kasus 1, kombinasi menu dibentuk dengan menggunakan menu indeks ke-1 dari kategori makanan pokok, sementara kategori lainnya (lauk, sayur, dan buah) tetap divariasikan. Dengan demikian, panjang dimensi setiap individu adalah 8, dengan ilustrasi nilai dimensi dari masing-masing individu ditampilkan pada Tabel 7. Berdasarkan nilai-nilai tersebut, kandungan gizi dari setiap menu dihitung dan disajikan dalam Tabel 8. Individu ke-1 memiliki nilai fitness terbaik dengan susunan menu yang memenuhi seluruh batasan dengan harga yang murah, yaitu Menu 1, 2, 3, dan 4.

TABEL 7
ILUSTRASI INDIVIDU UNTUK KASUS 1

		Individu 1																																			
Menu		1				2				3				4				5				6				7				8							
Index Menu		1	4	1	30	1	4	1	40	1	4	16	30	1	4	16	40	1	36	1	30	1	36	1	40	1	36	16	30	1	36	16	30	1	36	16	40
Berat (gr)		171	267	100	150	184	247	250	150	164	245	100	112	171	236	101	144	244	106	250	150	263	98	250	150	199	170	180	149	227	155	164	149				
Harga		Rp 9.820				Rp 11.215				Rp 9.015				Rp 9.477				Rp 12.650				Rp 14.115				Rp 14.180				Rp 13.808							

		Individu 2																																			
Menu		1				2				3				4				5				6				7				8							
Index Menu		1	4	1	30	1	4	1	40	1	4	16	30	1	4	16	40	1	36	1	30	1	36	1	40	1	36	16	30	1	36	16	30	1	36	16	40
Berat (gr)		223	229	188	133	194	253	147	130	160	222	138	150	175	217	138	131	253	104	250	122	242	107	243	143	198	180	175	142	220	170	163	148				
Harga		Rp 10.655				Rp 10.125				Rp 9.636				Rp 9.501				Rp 12.285				Rp 13.915				Rp 14.400				Rp 14.276							

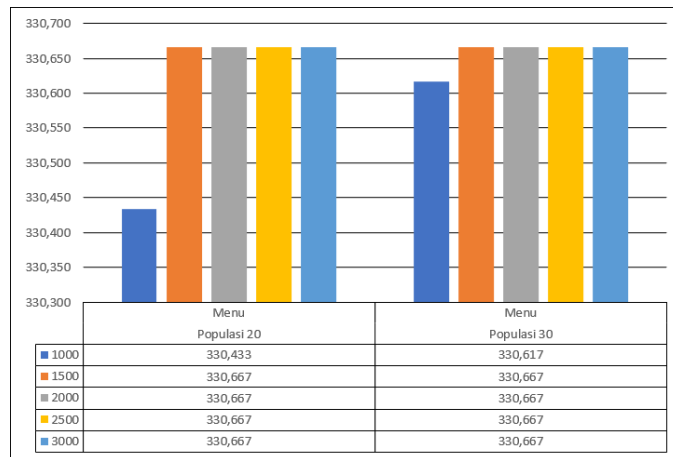
TABEL 8
PERHITUNGAN FITNESS UNTUK SETIAP INDIVIDU PADA TABEL 7

Individu 1								
Menu	1	2	3	4	5	6	7	8
Energi (kkal)	1.002,07	988,98	994,44	982,91	1.205,58	1.195,91	1.249,45	1.248,89
Protein (gr)	45,87	46,28	46,70	46,82	46,82	46,87	63,60	62,09
Lemak (gr)	17,06	16,49	16,80	16,34	9,95	9,55	13,24	12,50
Karbohidrat (gr)	173,33	171,94	169,92	168,19	234,16	233,03	219,12	222,59
Serat (gr)	4,16	5,52	10,90	11,88	5,09	5,43	17,12	17,03
Kalsium (mg)	1.042,78	1.426,79	1.886,83	2.048,30	947,84	1.125,39	2.492,13	2.500,00
Zat Besi (mg)	15,96	24,51	17,51	21,05	14,29	18,32	16,04	19,19
Seng (mg)	3,69	3,90	3,60	3,35	3,69	3,39	4,24	3,82
Tembaga (mg)	1,11	0,98	0,95	0,72	1,08	0,78	1,02	0,70
Fosfor (mg)	748,12	836,05	690,79	690,35	505,78	515,65	459,99	460,16
Vit C (mg)	54,50	144,50	32,08	62,54	116,00	144,50	53,01	77,80
Fitness 1	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	4,00	2,00
Fitness 2	0,00	0,00	0,00	0,00	6,38	6,78	20,31	19,04
								Total
Individu 2								
Menu	1	2	3	4	5	6	7	8
Energi (kkal)	1.153,03	1.000,40	1.037,76	1.007,84	1.204,97	1.126,66	1.246,22	1.241,10
Protein (gr)	46,72	46,63	46,18	46,83	46,87	46,88	65,32	64,63
Lemak (gr)	16,37	16,43	16,56	16,04	9,81	9,44	13,42	12,87
Karbohidrat (gr)	211,54	173,93	181,32	174,60	234,25	215,86	216,15	217,24
Serat (gr)	4,52	4,40	14,71	14,63	4,57	5,19	17,44	16,91
Kalsium (mg)	1.177,17	1.258,49	2.246,52	2.393,79	952,75	1.086,25	2.449,01	2.498,07
Zat Besi (mg)	18,65	20,75	19,01	22,35	14,38	17,58	15,79	19,10
Seng (mg)	3,97	3,58	3,70	3,44	3,65	3,36	4,30	3,95
Tembaga (mg)	1,17	0,87	1,02	0,73	1,03	0,77	1,02	0,72
Fosfor (mg)	782,48	770,85	685,74	683,04	503,29	497,43	460,18	463,78
Vit C (mg)	89,05	96,67	43,86	67,04	113,48	139,67	51,28	77,30
Fitness 1	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00
Fitness 2	0,00	0,00	0,00	0,29	6,52	6,89	21,35	21,21
								Total
								7,00
								56,26

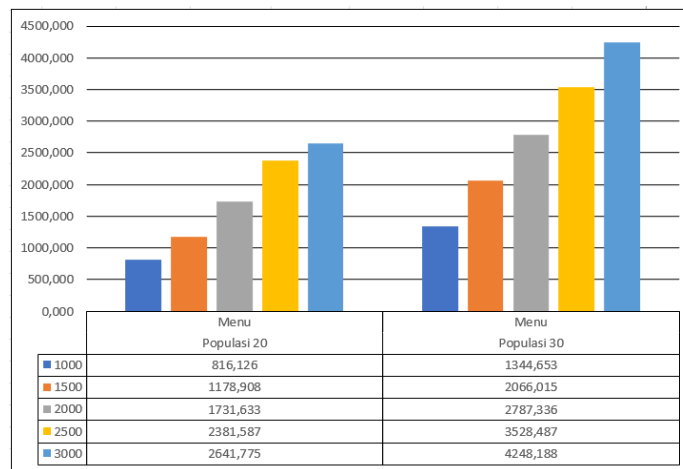
Pengujian pada kasus-kasus dalam Tabel 6 dilakukan dengan variasi ukuran populasi 20 dan 30 [17], [18], serta iterasi maksimum sebanyak 1.000, 1.500, 2.000, 2.500, dan 3.000. Setiap skenario pengujian dijalankan sebanyak 20 kali [19], dan nilai rata-ratanya disajikan dalam Tabel 9. Rangkuman hasil rata-rata dari Tabel 9 ditampilkan dalam Gambar 2 dan Gambar 3, masing-masing untuk nilai menu dan waktu komputasi.

TABEL 9
PENGUJIAN PARAMETER POPULASI DAN ITERASI

Populasi	Kasus	Jenis	Iterasi				
			1000	1500	2000	2500	3000
20	Kasus 1	Menu	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
		Waktu	4,19	5,19	7,71	8,71	11,62
	Kasus 2	Menu	150,70	151,00	151,00	151,00	151,00
		Waktu	175,66	240,20	304,75	400,28	495,82
	Kasus 3	Menu	835,60	836,00	836,00	836,00	836,00
		Waktu	2.268,53	3.291,33	4.882,45	6.735,76	7.417,89
		Waktu	2.881,91	4.126,18	5.370,44	6.470,42	7.570,39
	30	Kasus 1	Menu	5,00	5,00	5,00	5,00
Waktu			5,36	7,81	10,88	13,00	17,60
Kasus 2		Menu	150,85	151,00	151,00	151,00	151,00
		Waktu	374,13	432,25	490,37	591,40	692,17
Kasus 3		Menu	836,00	836,00	836,00	836,00	836,00
		Waktu	3.654,47	5.757,98	7.860,76	9.981,07	1.2034,79



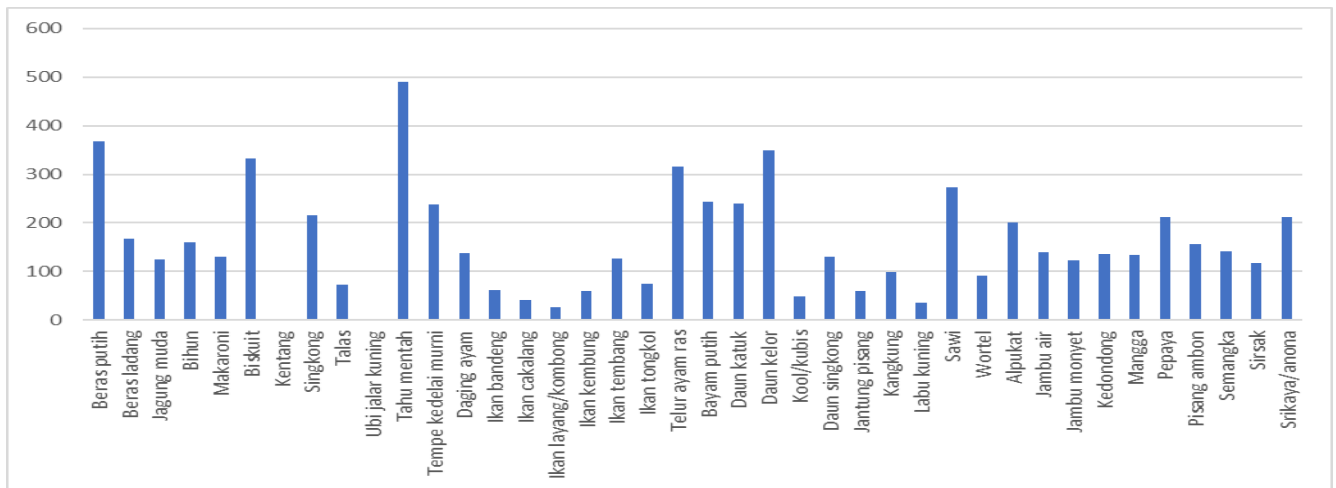
Gambar 2. Hasil rata-rata pengujian berdasarkan jumlah menu optimal



Gambar 3. Hasil rata-rata pengujian berdasarkan waktu komputasi

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3, Waktu komputasi cenderung meningkat seiring bertambahnya ukuran populasi dan jumlah iterasi, di mana konfigurasi terbaik ini mencatat rata-rata waktu sebesar 1.178,908 detik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konfigurasi populasi 20 dengan 1.500 iterasi menghasilkan performa paling optimal, yang mengindikasikan adanya keseimbangan antara kemampuan eksplorasi ruang solusi dan efisiensi komputasi pada tingkat kompleksitas masalah yang dihadapi. Konfigurasi ini mampu menghasilkan jumlah menu optimal yang stabil pada seluruh kasus, tanpa peningkatan waktu komputasi yang berlebihan, sehingga secara praktis lebih sesuai untuk diterapkan dalam konteks perencanaan menu balita. Variasi menu yang dihasilkan, khususnya pada kasus dengan jumlah bahan makanan yang lebih banyak, berkontribusi pada terpenuhinya kebutuhan gizi makro dan mikro secara lebih konsisten, karena algoritma memiliki fleksibilitas untuk menyesuaikan kombinasi bahan pangan guna mengatasi potensi kekurangan atau kelebihan zat gizi tertentu.

Pengujian akhir dilakukan untuk menganalisis frekuensi kemunculan bahan makanan, dengan menggunakan populasi sebanyak 20 dan jumlah iterasi maksimum 1.500 pada komposisi 10 jenis bahan per kategori. Berdasarkan hasil pada Gambar 4, temuan distribusi frekuensi kemunculan bahan makanan yang relatif seimbang pada kelompok makanan pokok, sayuran, dan buah menunjukkan bahwa sistem tidak bias terhadap bahan tertentu, sehingga mendukung prinsip keberagaman menu yang penting dalam pemenuhan gizi balita. Dominasi beberapa bahan pada kelompok lauk-pauk dapat dipahami sebagai konsekuensi dari kandungan protein dan mikronutrien yang lebih tinggi pada bahan tersebut, yang secara alami lebih sering dipilih untuk memenuhi batasan gizi yang ketat. Secara kontekstual, hasil ini relevan dengan kondisi lapangan di Nusa Tenggara Timur, di mana ketersediaan bahan pangan lokal yang beragam namun terbatas secara musiman menuntut sistem perencanaan menu yang adaptif, efisien, dan mampu menghasilkan rekomendasi gizi yang realistis serta aplikatif bagi masyarakat.



Gambar 4. Distribusi frekuensi kemunculan bahan makanan menghasilkan 1.571 menu

IV. SIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa algoritma *Differential Evolution* (DE) dapat dimanfaatkan secara efektif sebagai pendekatan optimasi komputasional dalam penyusunan menu gizi bagi balita dengan kondisi gizi kurang dan gizi buruk. Dengan mengintegrasikan kebutuhan gizi makro dan mikro secara simultan, serta mempertimbangkan ketersediaan bahan pangan lokal, sistem yang dikembangkan mampu menghasilkan rekomendasi menu harian yang seimbang, bervariasi, dan realistis untuk diterapkan pada konteks wilayah Nusa Tenggara Timur. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa DE tidak hanya andal dalam menangani permasalahan optimasi yang memiliki banyak batasan, tetapi juga adaptif terhadap kompleksitas ruang solusi yang dipengaruhi oleh variasi bahan makanan dan kebutuhan gizi individual.

Dari sisi kontribusi ilmiah, penelitian ini memperluas penerapan algoritma *Differential Evolution* pada bidang optimasi gizi dengan memasukkan aspek gizi mikro dan keberagaman menu berbasis pangan lokal dalam satu kerangka pemodelan terpadu. Sementara itu, dari sisi praktis, sistem yang diusulkan berpotensi menjadi alat bantu pengambilan keputusan dalam perencanaan menu balita, khususnya di daerah dengan keterbatasan sumber daya dan variasi ketersediaan pangan. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, antara lain belum sepenuhnya mempertimbangkan belum mempertimbangkan asupan pangan tambahan di luar menu yang direkomendasikan, dan dinamika harga bahan pangan. Oleh karena itu, pengembangan di masa mendatang dapat diarahkan pada integrasi aspek perilaku konsumsi, dan fungsi objektif multi-kriteria agar sistem yang dihasilkan semakin komprehensif dan aplikatif dalam mendukung intervensi gizi balita.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Ginting, P. M. J. Simangunsong, P. L. Sitompul, B. S. Hutapea, and R. Sipayung, "HUBUNGAN POLA PEMBERIAN MAKAN DENGAN KEJADIAN STUNTING PADA BALITA USIA 12-59 BULAN DI KECAMATAN BANDAR KABUPATEN SIMALUNGUN," *Ibnu Sina J. Kedokt. dan Kesehat. - Fak. Kedokt. Univ. Islam Sumatera Utara*, vol. 23, no. 2, pp. 104–109, 2024.
- [2] W. K. Hasanah, N. L. P. H. Mastuti, and M. Ulfah, "Hubungan Praktik Pemberian MP-ASI (Usia Awal Pemberian, Konsistensi, Jumlah dan Frekuensi) Dengan Status Gizi Bayi 7-23 Bulan," *J. Issues Midwifery*, vol. 3, no. 3, pp. 56–67, 2019.
- [3] Kementerian Kesehatan RI, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 2014 tentang Pedoman Gizi Seimbang*. 2014. [Online]. Available: [https://peraturan.bpk.go.id/Download/109856/Permenkes Nomor 41 Tahun 2014.pdf](https://peraturan.bpk.go.id/Download/109856/Permenkes%20Nomor%2041%20Tahun%202014.pdf)
- [4] A. Faggidae *et al.*, "Menu planning using multi-complex differential evolution algorithm for wasting children," *Commun. Math. Biol. Neurosci.*, vol. 2025, no. 0, 2025.
- [5] W. Sa'adah and U. Chotijah, "Optimasi Penentuan Menu Makanan Pendamping Air Susu Ibu Menggunakan Algoritma Genetika," *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 8, no. 1, pp. 235–245, 2022.
- [6] P. Singh and S. Prasad, "A review on iron, zinc and calcium biological significance and factors affecting their absorption and bioavailability," *J. Food Compos. Anal.*, vol. 123, p. 105529, 2023.
- [7] B. A. Dennison, H. L. Rockwell, and S. L. Baker, "Fruit and Vegetable Intake in Young Children," *J. Am. Coll. Nutr.*, vol. 17, no. 4, pp. 371–378, 1998.
- [8] H. Setiawan, "REKOMENDASI MENU HARIAN PENDERITA DIABETES MELITUS DENGAN ALGORITMA DIFFERENTIAL EVOLUTION," *J. Inform. Polinema*, vol. 8, no. 3, pp. 31–38, 2022.
- [9] I. A. Fajarwati and W. Anggraeni, "Penerapan algoritma differential evolution untuk penyelesaian permasalahan vehicle routing problem with delivery and pick-up," *J. Tek. ITS*, vol. 1, no. 1, pp. A391--A396, 2012.

- [10] D. B. Paillin, "PENERAPAN ALGORITMA DIFFERENTIAL EVOLUTION UNTUK PENYELESAIAN PERMASALAHAN CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM (CVRP) (Studi Kasus: PT. Paris Jaya Mandiri)," *ALE Proceeding*, vol. 2, pp. 147–153, 2021.
- [11] Kementerian Kesehatan RI, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2020 tentang Standar Antropometri Anak*. 2020. [Online]. Available: <https://peraturan.go.id/files/bn7-2020.pdf>
- [12] V. Dipasquale, U. Cucinotta, and C. Romano, "Acute Malnutrition in Children: Pathophysiology, Clinical Effects and Treatment," *Nutrients*, vol. 12, no. 8, p. 2413, 2020.
- [13] D. Yuliawati, *KONSEP DASAR ILMU GIZI*. Bandung: Media Sains Indonesia, 2021.
- [14] B. Poulson, "Micronutrients in Food: Benefits, Deficiency Symptoms," Verywell Health. Accessed: Jul. 21, 2025. [Online]. Available: <https://www.verywellhealth.com/micronutrients-7481856>
- [15] M. F. Ahmad, N. A. M. Isa, W. H. Lim, and K. M. Ang, "Differential evolution: A recent review based on state-of-the-art works," *Alexandria Eng. J.*, vol. 61, no. 5, pp. 3831–3872, 2022.
- [16] ConsumerLab.com, "Recommended Daily Intakes and Upper Limits for Vitamins and Minerals," ConsumerLab.com. Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://www.consumerlab.com/rdas/>
- [17] Y. T. Polly, S. Hartati, S. -, and B. Sumiarto, "A Novel Approach to Multi-Layer-Perceptron Training using Quadratic Interpolation Flower Pollination Neural Network on Non-Binary Datasets," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 14, no. 6, pp. 497–504, 2023.
- [18] A. Fanggidae, M. I. C. Prasetyo, Y. T. Polly, and M. Boru, "New Approach of Self-Adaptive Simulated Binary Crossover-Elitism in Genetic Algorithms for Numerical Function Optimization," *Int. J. Intell. Syst. Appl. Eng.*, vol. 12, no. 14s, pp. 174–183, 2024.
- [19] Y. T. POLLY, A. FANGGIDAE, J. R. M. LEDOH, C. E. AMOS PAH, B. S. DJAHI, and K. E. R. TUPEN, "A new approach for diabetes risk detection using quadratic interpolation flower pollination neural network," *Appl. Comput. Sci.*, vol. 21, no. 2, pp. 63–81, 2025.