

# Optimasi Penentuan Menu Makanan Pendamping Air Susu Ibu Menggunakan Algoritma Genetika

<http://dx.doi.org/10.28932/jutisi.v8i1.4486>

Riwayat Artikel

Received: 8 Februari 2022 | Final Revision: 18 Maret 2022 | Accepted: 19 Maret 2022

Wardatus Sa'adah ✉<sup>#1</sup>, Umi Chotijah <sup>\*2</sup>

<sup>#</sup> Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Gresik  
Jl. Sumatera, Randuagung, Kec. Kebomas, Kab. Gresik, Indonesia

<sup>1</sup>saadahwardatus@gmail.com

<sup>\*</sup> Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Gresik  
Jl. Sumatera, Randuagung, Kec. Kebomas, Kab. Gresik, Indonesia

<sup>2</sup>umi.chotijah@umg.ac.id

**Abstract** — Indonesia has a bad situation in stunting. Stunting is a problem because of the consumption of less nutrition. This is caused by giving food that is not in accordance with the nutritional needs of infants. Infants 0 until 24 months old need attention in choosing a weaning food to support the baby's growth. The purpose of this research is to find an optimized way to improve the menu of weaning food with the genetic algorithm method. It is expected to be able to reduce stunting suffering in Indonesia. The process of the genetic algorithm method uses the fitness function of a baby's daily nutritional needs. The selection is Roulette wheel selection method, the crossover is whole arithmetic crossover with 0.5 crossover rate, and the last is the mutation process with 0.6 mutation rate. The research used 100 generations and the result is menus for breakfast, lunch, and dinner for 6 days. The genetic algorithm can determine optimal weaning food's menu.

**Keywords**— Genetic Algorithm; Roulette Wheel Selection; Weaning Food; Whole Arithmetic Crossover.

## I. PENDAHULUAN

Bayi usia 0 – 24 bulan di masa sekarang merupakan sumber daya manusia di masa mendatang, salah satu yang dibutuhkan untuk mendukung tumbuh kembang bayi adalah makanan. Oleh karena itu gizi pada makanan perlu diperhatikan. Pemberian asupan gizi yang optimal pada bayi usia 6 bulan tidak cukup hanya dengan air susu ibu (ASI) melainkan perlu makanan pendamping air susu ibu (MPASI), jika hal tersebut tidak diperhatikan maka akan timbul masalah salah satunya adalah *stunting*.

*Stunting* merupakan masalah yang diakibatkan oleh konsumsi gizi yang kurang dalam waktu yang lumayan lama sehingga menyebabkan masalah kurang gizi kronis. Konsumsi gizi yang kurang disebabkan oleh pemberian makanan yang tidak sesuai dengan kebutuhan gizi pada bayi. *Stunting* dapat terjadi pada anak dari dalam kandungan namun baru terlihat dikala anak berusia 24 bulan atau 2 tahun. Jika *stunting* tidak dicegah maka akan mengakibatkan resiko kesakitan, kematian, dan pertumbuhan fisik maupun mental yang terhambat [1].

Pada data studi Status Gizi Balita di Indonesia (SGBI) 2019 bahwa keadaan *stunting* di Indonesia masuk ke dalam kategori tinggi, dimana persentase *stunting* sebesar 27,67% sedangkan persentase *stunting* di Asia Tenggara sebesar 24,7%. Berdasarkan hasil dari persentase keduanya menunjukkan bahwa selisih persentase *stunting* di Indonesia 2,97% lebih tinggi daripada di Asia Tenggara [2].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk optimasi penentuan menu makanan pendamping air susu ibu (MPASI) yang sesuai dengan kebutuhan gizi harian anak usia 0 – 24 bulan dengan menggunakan metode algoritma genetika. Menu makan pendamping air susu ibu (MPASI) yang optimal diharapkan dapat menurunkan angka penderita *stunting* di Indonesia sehingga sumber daya manusia di masa mendatang memiliki kualitas yang baik.

Algoritma genetika merupakan suatu metode yang didasarkan pada proses genetik makhluk hidup. Makhluk hidup akan secara bertahap menyesuaikan diri dengan lingkungan yang dinamakan dengan evolusi. Namun perlu adanya perubahan gen pada individu yang mampu menghadapi segala kondisi yang terjadi di alam atau disebut dengan seleksi alam. Proses

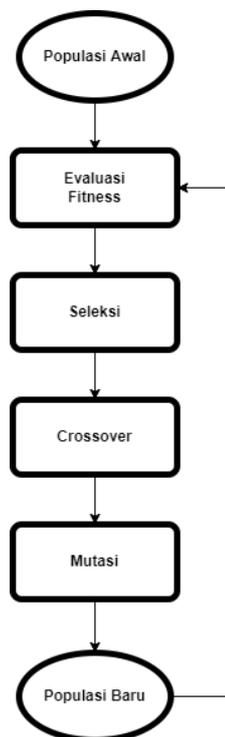
perubahan gen terjadi saat terdapat perkawinan antar individu. Jumlah populasi yang semakin banyak mengakibatkan semakin banyak juga solusi yang ada. Sehingga solusi yang optimal akan didapatkan [3].

Metode algoritma genetika dipilih karena pada penelitian sebelumnya terdapat penelitian yang serupa mengenai optimasi asupan makanan pada ibu hamil penderita hipertensi menunjukkan kualitas hasil rekomendasi makanan dengan metode algoritma genetika yang mendapatkan hasil pengujian besar generasi adalah 240, besar populasi adalah 90 dengan *cr* (*crossover rate*) dan *mr* (*mutation rate*) sebesar 0,6 dan 0,5. Menghasilkan rekomendasi menu makan pagi, makan siang, dan makan malam [4].

Pada penelitian sebelumnya mengenai optimasi variasi menu makanan sesuai gizi pada anak menggunakan algoritma genetika dimana memperhatikan kondisi kebutuhan gizi anak berdasarkan berat badan, tinggi badan, jenis kelamin, umur dan aktivitas pada anak [5]. Namun, kebutuhan gizi pada anak dengan bayi usia 0 sampai 24 bulan memiliki kebutuhan yang berbeda. Sehingga pada penelitian ini akan mencari menu makanan pendamping air susu ibu (MPASI) untuk bayi usia 0 sampai 24 bulan sesuai dengan kebutuhan gizi bayi.

## II. METODE PENELITIAN

Proses algoritma genetika dapat terdiri dari beberapa tahapan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart algoritma genetika

### A. Teknik Pengkodean

Gen pada kromosom dimana kromosom – kromosom akan membentuk individu pada populasi awal merupakan *encoding* dalam merepresentasikan sebuah permasalahan. *Permutation encoding* adalah pengkodean dengan cara memberikan kode berupa bilangan riil pada data yang merupakan gen pada kromosom [6]. Pada penelitian ini setiap bahan makanan, merupakan gen yang dikodekan dengan bilangan riil. Kumpulan dari beberapa gen adalah kromosom dimana pada penelitian ini adalah pengelompokan bahan makanan berdasarkan kandungannya. Kumpulan dari tiga kromosom bahan makanan yaitu karbohidrat, protein, dan lemak merupakan satu individu.

Bahan makanan akan dikodekan dengan bilangan riil dari 1 sampai 7 untuk setiap kandungan makanan. Pada karbohidrat bahan makanan nasi dikodekan dengan angka 1. Makanan dengan kandungan protein yaitu daging ayam dikodekan dengan angka 3. Bahan makanan keju dimana mengandung lemak dikodekan dengan angka 6. Penjelasan lebih jelas data bahan makanan berdasarkan kandungan gizi dengan pengkodean bilangan riil pada tabel 1, 2, dan 3 adalah sebagai berikut [7] :

TABEL 1  
BAHAN MAKANAN MENGANDUNG KARBOHIDRAT

No	Bahan Makanan	Kalori per 100 gram bahan
1	Nasi	180
2	Ubi jalar kuning kukus	100
3	Singkong kukus	153
4	Kentang	62
5	Jagung muda rebus	142
No	Bahan Makanan	Kalori per 100 gram bahan
6	Sagu	355
7	Talas	145

TABEL 2  
BAHAN MAKANAN MENGANDUNG PROTEIN

No	Bahan Makanan	Kalori per 100 gram bahan
1	Daging sapi	190
2	Daging angsa	349
3	Daging ayam	298
4	Hati ayam	261
5	Daging domba	317
6	Tahu kukus	75
7	Telur ayam kampung	174

TABEL 3  
BAHAN MAKANAN MENGANDUNG LEMAK

No	Bahan Makanan	Kalori per 100 gram bahan
1	Alpukat	85
2	Kacang kapri	98
3	Kacang merah	171
4	Kacang mete	616
5	Minyak zaitun	884
6	Keju	326
7	Kacang hijau	323

Makanan yang dikonsumsi hendaknya memiliki fungsi sebagai sumber energi yang terdapat pada tiga komponen yaitu karbohidrat, protein dan lemak. Manfaat pada karbohidrat diantaranya adalah sebagai sumber energi utama bagi tubuh, sebagai makanan pokok karbohidrat memberikan rasa kenyang, selain itu juga sebagai pengatur metabolisme lemak. Protein penting pada bayi karena berfungsi sebagai pembentuk hormon untuk tumbuh dan berkembang, juga untuk memperbaiki jaringan pada tubuh, dan membentuk antibodi.

Meskipun lemak hanya sedikit dibutuhkan oleh tubuh tetapi juga diperlukan untuk tubuh sebagai cadangan makanan, pemberi tenaga, penghangat tubuh, sebagai pelarut vitamin A, D, E, K dan sebagai pelindung organ tubuh [8]. Maka pada tabel 1, 2, dan 3 terdapat berbagai makanan dengan kandungan karbohidrat, protein dan lemak. Menu makanan yang akan dipilih memberikan sumber energi yang cukup untuk bayi.

#### B. Rincian Kebutuhan Kalori Harian Bayi

Kebutuhan kalori harian berfungsi untuk mengoptimalkan tumbuh kembang pada bayi [9]. Untuk menghitung nilai *fitness* menu makanan pendamping air susu ibu yang optimal perlu melibatkan kebutuhan kalori harian pada bayi, untuk itu terdapat beberapa persamaan. Rincian kebutuhan kalori harian untuk anak usia 6 bulan ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$(89 \times \text{berat badan [Kg]}) - 100 + 56 [\text{kcal deposisi energi}] - 413 \quad (1)$$

Rincian kebutuhan harian untuk anak usia 7 – 12 bulan menggunakan Persamaan (2)

$$(89 \times \text{berat badan [Kg]}) - 100 + 22 [\text{kcal deposisi energi}] - 413 \quad (2)$$

Rincian kebutuhan harian untuk anak usia 13 – 24 bulan menggunakan Persamaan (3)  

$$(89 \times \text{berat badan [Kg]} - 100 + 20 [\text{kcal deposisi energi}] - 346 \quad (3)$$

Keterangan :

$(89 \times \text{berat badan [kg]} - 100)$  : total energi yang dibutuhkan perhari

Kkal deposisi energi : total energi yang dikeluarkan

413 dan 346 : kalori pada ASI

#### C. Rincian estimasi kandungan pada bahan makanan

Pada menu makanan pendamping air susu ibu (MPASI) terdapat kandungan karbohidrat sebesar 73 %, protein sebesar 18 % dan lemak sebesar 9% [10]. Maka besar kalori berdasarkan angka kebutuhan harian bayi dapat dirumuskan dengan Persamaan (4) untuk karbohidrat.

$$\text{kebutuhan karbohidrat} = 73\% \times \text{kebutuhan harian} \quad (4)$$

Kebutuhan protein dapat dihitung dengan Persamaan (5).

$$\text{kebutuhan protein} = 18\% \times \text{kebutuhan harian} \quad (5)$$

Sedangkan kebutuhan lemak dapat dihitung dengan Persamaan (6).

$$\text{kebutuhan lemak} = 9\% \times \text{kebutuhan harian} \quad (6)$$

#### D. Fungsi Fitness

Nilai *fitness* pada kromosom menunjukkan kualitas dari kromosom tersebut yang didapat dari penalti terhadap aturan – aturan yang ditentukan. Semakin tinggi nilai *fitness* yang dimiliki maka hasil optimal yang diharapkan semakin sesuai [11]. Fungsi *fitness* pada penelitian ini didapat dari nilai penalti pada kandungan karbohidrat, protein dan lemak yang dirumuskan pada Persamaan (7).

$$\text{fitness} = \frac{100}{(1 + \sum \text{Penalti})} \quad (7)$$

Keterangan :

$\sum \text{Penalti}$  = penalti karbohidrat + penalti protein + penalti lemak

Penalti karbohidrat terdapat dua kemungkinan yaitu jika kandungan pada makanan yang tersedia lebih kecil dari kebutuhan gizi harian bayi dan jika kandungan kalori lebih besar dari kebutuhan harian bayi yang menggunakan Persamaan (8)

$$\text{penalti karbohidrat} = \begin{cases} \text{kebutuhan} - \text{kandungan} & , \text{kandungan kalori} < \text{kebutuhan} \\ \text{kandungan} - \text{kebutuhan} & , \text{kandungan} > \text{kebutuhan} \end{cases} \quad (8)$$

Penalti protein didapat dari dua kemungkinan berdasarkan kandungan kalori pada makanan dan kebutuhan gizi harian pada bayi seperti pada karbohidrat yang menggunakan Persamaan (9)

$$\text{penalti protein} = \begin{cases} \text{kebutuhan} - \text{kandungan} & , \text{kandungan kalori} < \text{kebutuhan} \\ \text{kandungan} - \text{kebutuhan} & , \text{kandungan} > \text{kebutuhan} \end{cases} \quad (9)$$

Penalti lemak memiliki dua kondisi yang sama seperti karbohidrat dan protein yang menggunakan Persamaan (10)

$$\text{penalti lemak} = \begin{cases} \text{kebutuhan} - \text{kandungan} & , \text{kandungan kalori} < \text{kebutuhan} \\ \text{kandungan} - \text{kebutuhan} & , \text{kandungan} > \text{kebutuhan} \end{cases} \quad (10)$$

#### E. Seleksi

Proses seleksi merupakan proses untuk memilih generasi baru yang akan datang. Induk dipilih dengan tujuan memilih induk terbaik agar menghasilkan keturunan yang lebih baik. Individu yang memiliki nilai *fitness* yang tinggi memiliki kemungkinan yang besar untuk terpilih. Pada penelitian kali ini akan menggunakan metode *Roulette wheel selection*.

*Roulette wheel selection* merupakan salah satu metode yang sering digunakan. *Roulette wheel selection* adalah metode pemilihan *parent* yang didasarkan pada nilai *fitnessnya*. Pada metode ini diibaratkan, semua kromosom diletakkan pada roda *roulette* dengan luas bagian setiap individu berdasarkan prosentase *fitnessnya* [12]. Maka semakin besar luas bagian atau *fitnessnya* semakin besar pula kemungkinan untuk terpilih sebagai induk untuk di kawin silangkan.

Langkah – langkah melakukan seleksi dengan metode *roulette wheel selection* adalah sebagai berikut [13]:

1) Menghitung probabilitas *fitness* dari masing – masing individu : perhitungan menggunakan Persamaan (11).

$$p_i = \frac{f_i}{f_t} \quad (11)$$

Keterangan :

$p_i$  = Probabilitas individu ke  $i$

$f_i$  = *Fitness* individu ke  $i$

$f_t$  = *Fitness* total

- 2) Memutar roda roulette sebanyak jumlah individu dalam populasi : angka yang terpilih akan dijadikan sebagai individu yang terpilih dalam proses seleksi.

#### F. Crossover

Crossover atau proses kawin silang adalah proses untuk menambah variasi gen dalam individu. Proses persilangan gen antara dua individu yang terpilih saat seleksi akan menghasilkan individu baru (anak) pada generasi selanjutnya [14]. Induk yang mengalami crossover ditentukan dengan nilai probabilitas *crossover*. Metode *crossover* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Whole Arithmetic Crossover*.

Pada metode ini gen pada kromosom *offspring* atau anak didapat dari hasil perhitungan aritmatika yang dilakukan. *Whole Arithmetic Crossover* dipilih karena memiliki hasil *average best fitness* terbaik diantara *simple arithmetic* dan *single arithmetic* [15]. Perhitungan aritmatika terdapat pada Persamaan (12).

$$\begin{aligned}x_1' &= \alpha \cdot x_1 + (1 - \alpha) \cdot x_2 \\x_2' &= (1 - \alpha) \cdot x_1 + \alpha \cdot x_2\end{aligned}\quad (12)$$

Keterangan :

$x_1'$  = anak pertama

$x_2'$  = anak kedua

$\alpha$  = *crossover rate* dengan nilai dari 0 sampai 1

$x_1$  = orang tua pertama

$x_2$  = orang tua kedua

#### G. Mutasi

Mutasi bertujuan untuk menambah variasi pada kromosom – kromosom pada populasi. Mutasi terjadi dengan merubah satu atau lebih gen dari kromosom. Mutasi dilakukan dengan cara membangkitkan nilai acak dari panjang gen, lalu dibandingkan dengan probabilitas mutasi yang telah ditentukan. Mutasi akan terjadi jika probabilitas acak memiliki nilai lebih kecil dari probabilitas mutasi dan sebaliknya [15].

Pada penelitian ini akan menggunakan metode *random mutation*. *Random mutation* dilakukan dengan cara tidak semua gen dalam populasi akan dimutasi. Mutasi dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut:

- 1) Menentukan panjang gen : panjang gen dapat dihitung dengan Persamaan (13).

$$\text{panjang gen} = \text{induk} \times \text{kromosom} \times \text{gen} \quad (13)$$

- 2) Menentukan persentase gen yang akan dimutasi dalam suatu populasi
- 3) Menentukan probabilitas mutasi
- 4) Membangkitkan bilangan acak dari 0 sampai 1
- 5) Bilangan acak yang kurang dari probabilitas mutasi akan dimutasi
- 6) Membangkitkan bilangan acak sesuai panjang gen : banyaknya bilangan acak merepresentasikan gen yang termutasi sesuai dengan banyaknya probabilitas yang memenuhi syarat
- 7) Gen yang bermutasi akan diganti dengan gen baru : pemilihan gen baru dilakukan secara *random* atau acak.

Hasil akhir dari mutasi akan menjadi populasi baru. Proses algoritma genetika akan dilakukan kembali sampai hasil optimal yang diinginkan tercapai.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Inisialisasi

Pada penelitian kali ini data bayi yang akan digunakan untuk optimasi penentuan menu makanan pendamping air susu ibu (MPASI) berdasarkan pada angka kebutuhan gizi harian adalah sebagai berikut :

Nama : Z (inisial)

Umur : 16 Bulan

Berat Badan : 8.5 Kg

Tinggi Badan : 78 cm.

### B. Perhitungan Kebutuhan Gizi Harian

Dari hasil inisialisasi bayi Z berusia 16 bulan, maka untuk mencari kebutuhan gizi harian bayi menggunakan Persamaan (3). Maka didapatkan hasil sebagai berikut :  $(89 \times 8,5) - 100 + 20 - 346 = 330,5 \text{ kkal}$

Setelah didapatkan kebutuhan gizi dalam sehari kemudian menentukan kebutuhan tiap kandungan dalam makanan dengan menggunakan persamaan (4), (5), dan (6) sebagai berikut :

- 1) Menghitung kebutuhan karbohidrat :  $73\% \times 330,5 = 241,265 \text{ kkal}$
- 2) Menghitung kebutuhan protein :  $18\% \times 330,5 = 59,49 \text{ kkal}$
- 3) Menghitung kebutuhan lemak :  $9\% \times 330,5 = 29,745 \text{ kkal}$

### C. Pembentukan Populasi Awal

Pembentukan populasi awal dilakukan secara acak, hal ini dilakukan untuk membentuk generasi pertama pada suatu populasi. Dalam penelitian ini dalam satu populasi terdapat 10 individu, 3 kromosom yaitu karbohidrat, protein, dan lemak. Populasi awal ditunjukkan pada tabel 4 sebagai berikut :

TABEL 4  
POPULASI AWAL

Individu	Karbohidrat	Protein	Lemak
1	2	4	7
2	1	2	3
3	3	7	6
4	3	4	5
5	7	3	1
6	4	6	2
7	6	5	4
8	5	1	3
9	7	6	5
10	6	2	7

### D. Penentuan Nilai Fitness

TABEL 5  
PENENTUAN FITNESS

Individu	Karbohidrat	Protein	Lemak	Fitness
1	2	4	7	0.1488
2	1	2	3	0.2028
3	3	7	6	0.2000
4	3	4	5	0.0873
5	7	3	1	0.2557
6	4	6	2	0.3787
7	6	5	4	0.1043
8	5	1	3	0.2688
9	7	6	5	0.1034
10	6	2	7	0.1434

Dari hasil pada tabel 5 pada individu ke-1 nilai *fitnessnya* adalah 0.1488 yang didapat dari perhitungan dengan menggunakan Persamaan (7) dengan penalti kalori setiap kandungan makanan seperti pada perhitungan ini :

$$fitness\ individu\ 1 = \frac{100}{(1 + 241.265 - 100 + 261 - 59.49 + 323 - 29.745)} = 0.1488$$

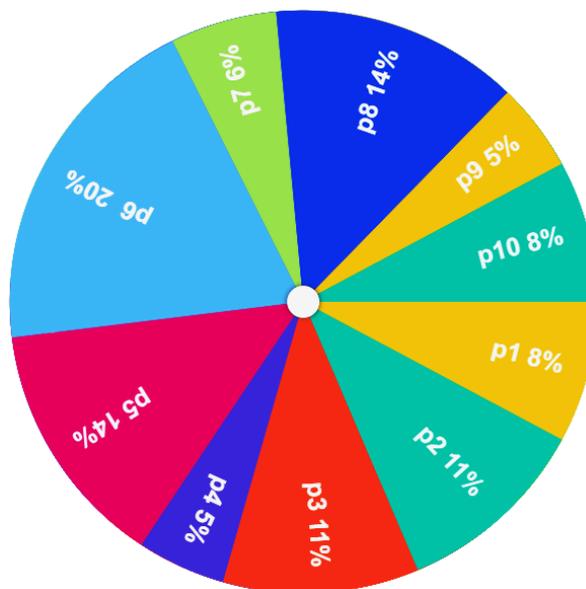
Penalti 241.265 sebagai kebutuhan kalori untuk karbohidrat dikurang 100 adalah nilai kalori dari karbohidrat yang diinisialisasikan dengan bilangan riil 2 yaitu ubi jalar kuning kukus. Penalti berikutnya 261 dikurang dengan 59.49 yaitu kebutuhan harian untuk kandungan protein pengurangan tersebut dilakukan karena kandungan pada makanan yang disediakan lebih besar dari kalori yang dibutuhkan oleh tubuh, untuk protein 4 merepresentasikan hati ayam. Penalti terakhir yaitu 323 dikurang dengan 29.45 juga karena kebutuhan yang dibutuhkan oleh tubuh lebih kecil dari kandungan lemak 7 yang merepresentasikan kacang hijau. Perhitungan *fitness* dilakukan dengan cara yang sama sampai individu ke-10.

E. Seleksi

Seleksi dengan menggunakan metode *Roulette wheel selection* dapat dilakukan dengan mencari terlebih dahulu probabilitas *fitness* lalu dipresentasikan besar dari setiap individu pada roda *Roulette*. Luas bagian roda dapat dilihat pada Gambar 2.

TABEL 6  
PROBABILITAS INDIVIDU

Individu	<i>Fitness</i>	Probabilitas	Persentase
1	0.1488	0.0786	8
2	0.2028	0.1071	11
3	0.2000	0.1056	11
4	0.0873	0.0461	5
5	0.2557	0.1351	14
6	0.3787	0.2000	20
7	0.1043	0.0551	6
8	0.2688	0.1420	14
9	0.1034	0.0546	5
10	0.1434	0.0757	8
Jumlah	1.8933	1.0000	100.00



Gambar 2. *Roulette wheel selection*

Pada tabel 6 individu ke-1 dapat dihitung probabilitas dari membagi nilai *fitness* 0.1488 dengan total *fitness* 1.8933 hasilnya adalah 0.0786. Dari hasil tersebut dapat dicari prosentase dengan mengalikan 100 lalu dilakukan pembulatan. Maka didapat luas individu ke -1 sebesar 8 persen. Untuk mencari luas roda selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama sampai individu ke – 10.

Proses pemutaran roda *roulette* dilakukan sebanyak 10 kali, hingga individu yang terpilih seperti pada tabel 7 sebagai berikut :

TABEL 7  
INDIVIDU TERPILIH

Individu Terpilih	Karbohidrat	Protein	Lemak
P2	1	2	3
Individu Terpilih	Karbohidrat	Protein	Lemak
P3	3	7	6
P1	2	4	7
P5	7	3	1
P8	5	1	3
P3	3	7	6
P2	1	2	3
P5	7	3	1
P8	5	1	3
P1	2	4	7

#### F. Crossover

Sebelum melakukan *crossover* setiap pasangan memiliki probabilitas *crossover* yang ditentukan secara acak. Tidak semua individu akan dikawinkan silang, oleh sebab itu pada penelitian ini menggunakan probabilitas *crossover* sebesar 0.5 maka pasangan individu yang memiliki probabilitas *crossover* lebih dari 0.5 akan dilakukan proses kawin silang.

TABEL 8  
PROBABILITAS CROSSOVER

Individu	Karbohidrat	Protein	Lemak	Probabilitas Crossover	Karbohidrat	Protein	Lemak
1	1	2	3	0.32	1	2	3
2	3	7	6		3	7	6
3	2	4	7		2	4	7
4	7	3	1	0.13	7	3	1
5	5	1	3		4	3	4
6	3	7	6	0.52	4	5	5
7	1	2	3		3	2	2
8	7	3	1		5	3	2
9	5	1	3	0.69	4	2	5
10	2	4	7		3	3	5

Dari hasil pada tabel 8 pasangan individu 1, 2 dan 3, 4 memiliki probabilitas kurang dari 0.5 tidak dilakukan proses *crossover* maka gen masih sama dengan sebelumnya. Sedangkan pasangan individu 5, 6 dilakukan proses *crossover* dengan metode *Whole Arithmetic Crossover* yang menggunakan *crossover rate* sebesar 0.6 hingga menghasilkan gen baru seperti perhitungan berikut :  $x_5' = 0.6 \cdot [4\ 6\ 2] + 0.4 \cdot [3\ 7\ 6] = [4\ 6\ 4]$ ;  $x_6' = 0.4 \cdot [4\ 6\ 2] + 0.6 \cdot [3\ 7\ 6] = [3\ 7\ 4]$ .

Hasil yang sebenarnya adalah angka desimal namun kromosom seharusnya adalah bilangan riil sehingga hasil perhitungan aritmatika dilakukan pembulatan. Proses *crossover* pada pasangan individu 7,8 dan 9,10 dilakukan dengan perhitungan yang sama.

#### G. Mutasi

Sebagian gen yang akan dimutasi, pada penelitian ini terdapat 30% gen dengan probabilitas mutasi kurang dari 0.6 maka dapat dihitung banyak gen yang dimutasi sebanyak 9. Banyak gen yang akan dimutasi di dapat dari 30% dari panjang gen yaitu :  $30\% \times 10 \times 3 \times 1 = 9$

TABEL 9  
MUTASI

P Acak 0 - 1	< 0.6	Acak 1-30
0.1789	Y	11
0.2458	Y	27
0.8945	T	
0.5662	Y	9
0.9724	T	
0.5006	Y	24
0.8612	T	
P Acak 0 - 1	< 0.6	Acak 1-30
0.4671	Y	21
0.6484	T	

Pada tabel 9 menunjukkan bahwa dari 9 gen yang akan dimutasi didapatkan probabilitas dari 0 sampai 1 yang dibangkitkan secara acak, dengan ketentuan probabilitas mutasi kurang dari 0.6 maka terdapat 5 gen yang dimutasi. Dimana gen yang dimutasi dipilih acak yaitu gen ke 9, 11, 21, 24, dan 27. Gen yang telah dimutasi ditandai dengan kolom berwarna kuning dan perubahan gen dipilih secara acak.

TABEL 10  
PERBANDINGAN POPULASI SEBELUM DAN SETELAH MUTASI

Sebelum Mutasi			Setelah Mutasi		
Karbohidrat	Protein	Lemak	Karbohidrat	Protein	Lemak
1	2	3	1	2	3
3	7	6	3	7	6
2	4	7	2	4	6
7	3	1	7	5	1
4	3	4	4	3	4
4	5	5	4	5	5
3	2	2	3	2	1
5	3	2	5	3	5
4	2	5	4	2	2
3	3	5	3	3	5

Pada tabel 10 terlihat perbandingan dari populasi hasil dari *crossover* dan hasil mutasi pada gen ke-9 sebelumnya lemak dengan representasi kromosom 7 menjadi 6, pada gen 11, 21, 24, dan 27 juga dilakukan penggantian gen secara acak.

#### H. Populasi Baru

Dari semua proses algoritma genetika yang telah dilakukan menghasilkan populasi baru yang dapat dijadikan hasil akhir dengan mencari nilai *fitness* untuk mengetahui kualitas individu yang terbaik dimana hasil nilai *fitness* tertinggi akan menjadi menu yang optimal atau dilanjutkan kembali ke proses awal yaitu proses seleksi kembali dan seterusnya sampai kondisi berhenti.

TABEL 11  
POPULASI BARU

Individu	Karbohidrat	Protein	Lemak	Jumlah kalori	<i>Fitness</i>
1	1	2	3	700	0.2028
2	3	7	6	653	0.2000

Individu	Karbohidrat	Protein	Lemak	Jumlah kalori	Fitness
3	2	4	6	687	0.1562
4	7	5	1	547	0.2439
5	4	3	4	976	0.0995
6	4	5	5	1263	0.0774
7	3	2	1	503	0.2304
8	5	3	5	1324	0.0838
9	4	2	2	509	0.1859
10	3	3	5	1335	0.0846

Pada tabel 11 merupakan hasil akhir populasi pada generasi pertama yang menghasilkan individu terbaik dengan nilai *fitness* tertinggi yaitu pada individu ke-7 dengan nilai *fitness* sebesar 0.2304 dan kombinasi gen 3, 2, dan 1 dimana memiliki total kalori sebesar 503 kkal. Jumlah kalori didapatkan dari konversi gen kembali ke kalori sesuai pada tabel 1, 2, dan 3. Gen 5 pada kromosom karbohidrat adalah singkong kukus yang mengandung 153 kalori. Pada kromosom protein gen 2 adalah daging angsa dengan kandungan kalori sebesar 349 kalori. Kromosom lemak gen 1 adalah alpukat dengan kalori sebesar 85 sehingga jumlahnya adalah 503 kkal.

### I. Kondisi Berhenti

Proses algoritma genetika dihentikan dengan kriteria tertentu yaitu jika jumlah generasi atau iterasi mencapai maksimum atau kondisi berhenti jika memenuhi syarat hasil *fitness* pada populasi baru memenuhi kondisi optimal atau nilai *fitness* terbaik yang bernilai 1 [17]- [18]. Pada penelitian ini akan menghentikan proses iterasi algoritma genetika pada generasi ke-100.

### J. Implementasi Program

Pembuatan program untuk menyelesaikan proses algoritma genetika pada optimasi menu makanan pendamping air susu ibu menggunakan aplikasi NetBeans IDE 8.2 dengan Bahasa pemrograman Java. Menghasilkan menu makan selama 6 hari untuk sarapan, makan siang, dan makan malam. Hasil proses ditunjukkan pada Gambar 3 sebagai berikut :

```

Output - coba (run)
Hasil Komposisi Makanan:
Hari 1
Pagi : Daging Sapi, Nasi, Alpukat
Siang : Daging Domba, Ubi Jalar Kukus, Alpukat
Malam : Daging Angsa, Singkong Kukus, Alpukat

Hari 2
Pagi : Hati Ayam, Ubi Jalar Kukus, Alpukat
Siang : Hati Ayam, Ubi Jalar Kukus, Alpukat
Malam : Daging Angsa, Ubi Jalar Kukus, Alpukat

Hari 3
Pagi : Daging Ayam, Ubi Jalar Kukus, Alpukat
Siang : Daging Angsa, Nasi, Alpukat
Malam : Daging Angsa, Nasi, Alpukat

Hari 4
Pagi : Daging Ayam, Nasi, Alpukat
Siang : Daging Ayam, Nasi, Alpukat
Malam : Daging Domba, Singkong Kukus, Alpukat

Hari 5
Pagi : Daging Ayam, Nasi, Alpukat
Siang : Hati Ayam, Nasi, Alpukat
Malam : Daging Domba, Nasi, Alpukat

Hari 6
Pagi : Hati Ayam, Nasi, Alpukat
Siang : Daging Sapi, Singkong Kukus, Alpukat
Malam : Hati Ayam, Nasi, Alpukat

BUILD SUCCESSFUL (total time: 0 seconds)
    
```

Gambar 3. Hasil Proses Algoritma Genetika

Pada gambar 3 terlihat bahan makanan dengan kandungan karbohidrat didominasi nasi, singkong kukus dan ubi jalar. Makanan yang mengandung protein direkomendasikan untuk memilih daging sapi, daging domba, daging angsa, daging ayam, dan hati ayam. Alpukat adalah makanan dengan kandungan lemak yang sangat direkomendasikan karena memiliki kalori terkecil yaitu 85 kalori. Menu harian dapat dikombinasikan seperti dalam hasil tersebut.

#### IV. SIMPULAN

Penentuan menu makanan pendamping air susu ibu (MPASI) pada bayi usia 0 - 24 bulan dengan menggunakan metode Algoritma genetika menggunakan 10 individu, 3 kromosom dan 1 gen. Melalui proses penentuan nilai *fitness* yang melibatkan kebutuhan gizi harian bayi, proses seleksi dengan menggunakan metode *Roulette wheel selection*, proses *crossover* dengan menggunakan metode *Whole Arithmetic Crossover*, dan diakhiri dengan proses mutasi dapat menemukan hasil yang optimal.

Dalam penelitian ini, dari data studi yang digunakan yaitu bayi usia 16 bulan penentuan menu menggunakan metode algoritma genetika yang dilakukan sebanyak 100 generasi didapatkan menu makanan pendamping air susu ibu untuk makan pagi, makan siang, dan makan malam selama 6 hari yang merupakan menu optimal sesuai dengan kebutuhan gizi harian bayi.

Jadi penentuan menu makanan pendamping air susu ibu menggunakan metode algoritma genetika dapat menghasilkan menu yang optimal. Namun pada penelitian berikutnya dapat menggunakan lebih banyak jenis bahan makanan, memperbanyak iterasi untuk hasil lebih optimal.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Damayanti, M. P. Utami, R. W. Muhammad, U. Rahmawati, W. and E. Listiawati, "Pelatihan Siapkan Asi Bunda Sadari, Pahami Dan Upgrade Kebutuhan Mpsi Balita Anda," *Jurnal Peduli Masyarakat*, vol. 2, no. 4, pp. 217-226, 2020.
- [2] Kemenkes RI, "Situasi Stunting di Indonesia," *Jendela data dan Informasi Kesehatan*, pp. 1-40, 2020.
- [3] F. Asy'ari, A. R. Alamsyah, C. A. Prasetyo, A. F. C. Pratama, D. Pusparini, N. N. Shofi and T. D. Puspitasari, "Penerapan Algoritma Genetika Untuk Optimasi Pembelian Sembako Sebagai Solusi Dari Knapsack Problem," *Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan*, vol. 6, no. 1, pp. 24-29, 2019.
- [4] N. D. Asri, I. Cholissodin and D. E. Ratnawati, "Optimasi Asupan Makanan Harian Ibu Hamil Penderita Hipertensi Menggunakan Algoritma Genetika," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 9, pp. 2892-2901, 2018.
- [5] E. P. Budianti, R. R. M. Putri and M. , "Optimasi Variasi Menu Makanan Sesuai Gizi pada Anak Menggunakan Algoritma Genetika," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, pp. 1-6, 2014.
- [6] H. Hermawan, A. Fauzi, Y. Cahyana and H. H. Handayani, "Performa Optimal Penerapan Algoritma Genetika pada Penjadwalan Mata Kuliah," *Conference on Innovation and Application of Science and Technology*, pp. 683-690, 2020.
- [7] Kementerian Kesehatan RI, Tabel Komposisi Pangan Indonesia, Kemenkes RI, 2018.
- [8] P. Rahmi, "Peran Nutrisi Bagi Tumbuh dan Kembang Anak Usia Dini," *Jurnal Pendidikan Anak Bunayya*, vol. 5, no. 1, 2019.
- [9] E. B. Prasetya and N. Amri, "Sistem Informasi Untuk Menentukan Menu Makanan Pendamping Asi (MPASI) Bayi Berdasarkan Angka Kecukupan gizi (AKG) Menggunakan Metode Forward Chaining," *RESISTOR (elektRONika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOMputeR)*, vol. 2, no. 1, pp. 15-22, 2019.
- [10] S. N. Farida, D. Ishartani and D. R. Affandi, "Kajian Sifat Fisik, Kimia Dan Sensoris Bubur Bayi Instan Berbahan Dasar Tepung Tempe Koro Glinding (Phaseolus Lunatus), Tepung Beras Merah (Oryza Nivara) Dan Tepung Labu Kuning (Cucurbita moschata)," *Jurnal Teknosains Pangan*, vol. 5, no. 4, pp. 32-39, 2016.
- [11] Y. Pratama, "Optimalisasi Penjadwalan Karyawan Paruh Waktu Berdasarkan Nilai Fitness Terbaik Menggunakan Algoritma Genetika (Studi Kasus Pada Pt 3g Indonesia)," *Jurnal Nasional Informatika*, vol. 2, no. 2, 2021.
- [12] D. A. Suprayogi and W. F. Mahmudy, "Penerapan Algoritma Genetika Traveling Salesman Problem with Time Window: Studi Kasus Rute Antar Jemput Laundry," *Jurnal Buana Informatika*, vol. 6, no. 2, pp. 121-130, 2015.
- [13] F. Asyari, A. f. C. Pratama, T. D. Puspitasari, A. R. Alamsyah, D. Puspitasari, C. A. Prasetyo and N. N. Shofi, "Penerapan Algoritma Genetika untuk Optimasi Pembelian Sembako Sebagai Solusi dari Knapsack Problem," *Jurnal Teknologi Informasi dan Terapan*, vol. 6, no. 1, pp. 24-29, 2019.
- [14] J. Y. Setiawan, D. E. Herwindiati and T. Sutrisno, "Algoritma Genetika dengan Roulette Wheel Selection dan Arithmetic Crossover untuk Pengelompokan," *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi*, vol. 7, no. 1, pp. 58-64, 2019.
- [15] E. Ongko, "Analisis Performance atas metode Arithmetic Crossover dalam Algoritma Genetika," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikas*, vol. 4, no. 2, pp. 76-87, 2015.
- [16] I. W. Supriana, M. A. Raharja, I. M. S. Bimantara and D. Bramantya, "Implementasi Dua Model Crossover Pada Algoritma Genetika Untuk Optimasi Penggunaan Ruang Perkuliahan," *Jurnal Resistor*, vol. 4, no. 2, pp. 167-177, 2021.
- [17] Y. Elva, "Sistem Penjadwalan Mata Pelajaran Menggunakan Algoritma Genetika," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 3, no. 1, pp. 49-57, 2019.  
H. Panriki, E. Suswaini and D. A. Purnamasari, "Optimasi Keberangkatan Roro KMD Kundur dari Dompok ke Balai Menggunakan Algoritma Genetika," *Student Online Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 157-164, 2021.