

OPTIMASI SUSUNAN BAHAN MAKANAN SEHAT UNTUK PEMENUHAN GIZI KELUARGA DENGAN ALGORITMA EVOLUTION STRATEGIES

Fitriyah Sulistiowati*¹, Imam Chollisodin, S.Si, M.Kom. *², Drs.Marji, M.T. *³

Program Studi Teknik Informatika

Jurusan Teknik Informatika

Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Brawijaya, Jalan Veteran 08 Malang 65145, Jawa timur, Indonesia

Email : fitriyahsulistiowati@gmail.com *¹, Imamcs @ub.ac.id *², marji@ub.ac.id *³

Abstrak

Makanan merupakan kebutuhan utama manusia yang harus dipenuhi setiap hari. Dalam penyusunan makanan sehari-hari perlu mengganti atau mengkombinasi bahan makanan mahal dan murah agar biaya yang dikeluarkan minimal tetapi tetap memenuhi kebutuhan gizi sehari. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi bahan makanan keluarga adalah algoritma *Evolution Strategies*. *Evolution Strategies* merupakan salah satu cabang dari algoritma Evolusi yang telah banyak mengangani permasalahan optimasi. Hal unik dalam *Evolution Strategies* adalah adanya mekanisme *self-adaptions* yang digunakan untuk mengontrol nilai *strategy parameters*. Tipe siklus ES yang digunakan pada penelitian ini adalah $(\mu+\lambda)$. Representasi kromosom yang digunakan adalah representasi permutasi untuk merepresentasikan solusi. Metode mutasi yang digunakan *Exchange Mutation* dan metode seleksi *Elitism Selection*. Sesuai dengan hasil pengujian yang dilakukan jumlah populasi terbaik sebanyak 80 dengan rata-rata nilai fitness 317,305, jumlah offspring terbaik 8 μ dengan rata-rata nilai fitness 422,668, jumlah generasi terbaik adalah 120 dengan rata-rata nilai fitness 443,741 dan rentan angka permutasi terbaik antara 1 sampai 65 dengan rata-rata nilai fitness 265,934 Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah berupa susunan bahan makanan untuk keluarga selama satu minggu.

Kata kunci: gizi keluarga, bahan makanan, *Evolution Strategies*.

Abstract

Food is the main human needs to be fulfilled everyday. In the daily meals preparations needs to replace or combine cheap and expensive food ingredients that minimal cost but still fulfilled the daily nutritional needs. One of the method that can use to solve the food ingredients optimization problem is Evolution Strategies Algorithm. Evolution Strategies is on of branch of the evolutionary algorithm that already solved many optimization problems. The unique thing in Evolution Strategies is the self-adaption mechanism that use to control strategy parameters value. Type of cycle used on this research is $(\mu+\lambda)$. Chromosome representation used here is permutation representation for representing the solution. Mutation method used is Exchange Mutation and selection method is Elitism selection. Based on this testing result, best total populations is 80 with average fitness value 317,305, best total offsprings is 8 μ with average fitness value 422,668, best total generations is 120 with average fitness value 443,741, and best number of permutation is from 1 untill 65 with average fitness value 265,934. The output from this research is family food ingredients for a week.

Keyword: family nutrition, food ingredients, *Evolution Strategies*.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Makanan merupakan kebutuhan utama manusia yang harus dipenuhi setiap hari. Berbagai macam bahan makanan diolah untuk memenuhi kebutuhan utama tersebut, mulai dari olahan masakan, makanan cepat saji, makanan kaleng, dan makanan ringan. Terdapat dua jenis makanan yang beredar di masyarakat, yaitu makanan sehat dan tidak sehat.

Makanan sehat banyak ditemukan pada makanan olahan yang biasanya disebut masakan dan tidak mengandung bahan yang membahayakan kesehatan. Sedangkan makanan tidak sehat merupakan makanan yang mengandung bahan berbahaya seperti pengawet buatan, MSG, pewarna buatan, dan lain-lain dan banyak ditemukan di makanan-makanan kemasan

buatan pabrik. Konsumsi makanan sehat sangat diperlukan karena fungsi makanan untuk pemenuhan kebutuhan gizi.

Zat gizi merupakan senyawa yang dibutuhkan tubuh untuk menjalankan fungsinya. Fungsi dari zat gizi adalah penghasil energi, pembangun dan pemelihara jaringan, dan pengatur proses-proses yang ada dalam tubuh. Zat-zat gizi yang dibutuhkan tubuh meliputi karbohidrat, lemak, protein, energi, mineral, dan vitamin. Zat-zat tersebut banyak ditemukan pada berbagai macam bahan makanan seperti daging, ikan, sayur, buah, dan lain-lain [1].

Karena pentingnya peran zat gizi bagi tubuh, semua makanan yang masuk ke dalam tubuh harus diperhatikan dengan baik kandungannya. Kekurangan konsumsi zat gizi menyebabkan berbagai penyakit seperti busung lapar, sedangkan kelebihan gizi menyebabkan kegemukan atau obesitas. Oleh karena itu gizi seimbang sangat diperlukan untuk mencegah hal itu yaitu dengan mengatur pola makanan setiap hari yang mengandung zat gizi yang dibutuhkan tubuh sesuai dengan jenis dan jumlah porsi yang dianjurkan [2]. Menurut hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2013, pola konsumsi makanan penduduk Indonesia masih jauh dari harapan. Penduduk Indonesia masih jauh dari harapan. Sekitar 40% penduduk lebih memilih makanan berlemak dan mengandung kolesterol tinggi, serta seringnya tingkat konsumsi bumbu penyedap dan mie instan [3].

Berdasarkan hasil *survey* tahun 2014, rata-rata konsumsi beberapa kelompok makanan mengalami ketidakseimbangan. Kelompok sereal menduduki posisi pertama makanan yang dikonsumsi masyarakat Indonesia yaitu 257,8 gram/hari namun didominasi oleh beras, diikuti oleh kelompok ikan (78,9 gram/hari), sayur (57,1 gram/hari), kacang (56,7 gram/hari), daging (42,8 gram/hari), dan umbi (27,1 gram/hari). Sedangkan konsumsi untuk kelompok makanan seperti buah, susu dan gula masih sangat rendah [4]. Hal tersebut menunjukkan kurangnya variasi dalam penyusunan bahan makanan sehari-hari yang menyebabkan bahan-bahan makanan yang ada di Indonesia tidak dapat dikonsumsi dengan maksimal. Variasi makanan perlu dilakukan agar keadaan pangan di Indonesia tetap seimbang.

Permasalahan yang muncul dari pola konsumsi makanan dengan gizi seimbang dan variasi dalam penyusunan makanan adalah banyaknya bahan

makanan yang dibutuhkan untuk dapat memenuhi kebutuhan gizi tubuh setiap hari. Sedangkan kondisi ekonomi Indonesia yang tidak stabil menyebabkan terjadinya kenaikan bahan makanan pokok dan juga kenaikan bahan makanan lainnya. Untuk mengatasi hal itu, dalam penyusunan makanan sehari-hari perlu mengganti atau mengkombinasi bahan makanan mahal dan murah agar biaya yang dikeluarkan minimal tetapi tetap memenuhi kebutuhan gizi sehari.

Konsumsi makanan masyarakat Indonesia sebagian besar dilakukan di lingkungan keluarga sehingga penyusunan bahan makanan secara optimal untuk seluruh anggota keluarga sangat diperlukan. Untuk menyelesaikan permasalahan optimasi bahan makanan keluarga, dibutuhkan sebuah metode yang dapat mengeluarkan hasil yang optimal. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah algoritma *Evolution Strategies*. *Evolution Strategies* merupakan salah satu cabang dari algoritma Evolusi yang telah banyak menangani permasalahan optimasi. Algoritma *Evolution Strategies* dipilih karena algoritma ini mempunyai kecepatan proses eksekusi yang lebih baik dibanding algoritma lain seperti Algoritma Genetika [5]. Ciri utama *Evolution Strategies* adalah penggunaan *vector* bilangan *real* untuk representasi kromosomnya, namun seiring perkembangannya dapat menggunakan representasi permutasi. Hal unik dalam *Evolution Strategies* adalah adanya mekanisme *self-adaption* yang digunakan untuk mengontrol nilai *strategy parameters* [6].

Berdasarkan permasalahan yang ada dan penelitian yang pernah dilakukan, penulis memutuskan untuk mengambil judul "**Optimasi Susunan Bahan makanan Sehat Untuk Pemenuhan Gizi Keluarga dengan Algoritma *Evolution Strategies***" dimana dalam penelitian ini akan dilakukan optimasi pada biaya bahan makanan sehat sesuai dengan kebutuhan gizi sebuah anggota keluarga selama beberapa hari dan bahan makanan yang bervariasi. Penelitian ini bertujuan untuk pemenuhan gizi keluarga dalam bentuk bahan makanan dengan biaya minimal dan mempunyai tingkat variasi yang tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana optimasi susunan bahan makanan sehat untuk pemenuhan gizi keluarga dengan algoritma *Evolution Strategies*.
2. Bagaimana mengukur kualitas solusi yang dihasilkan algoritma *Evolution Strategies* dalam permasalahan optimasi susunan bahan makanan sehat untuk pemenuhan gizi keluarga.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan optimasi susunan bahan makanan sehat untuk pemenuhan gizi keluarga dengan algoritma *Evolution Strategies*.
2. Mengetahui kualitas solusi yang dihasilkan algoritma *Evolution Strategies* dalam permasalahan optimasi susunan bahan makanan sehat untuk pemenuhan gizi keluarga.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang baik dan berguna. Adapun manfaat yang diharapkan adalah sebagai berikut:

1. Memberikan rekomendasi bahan makanan sehat dan sesuai dengan kebutuhan gizi keluarga dengan biaya minimum.
2. Memberikan solusi variasi makanan sehat dan bergizi.

1.5 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Bahan makanan yang direkomendasikan hanya untuk anggota keluarga normal yang tidak memiliki penyakit, alergi yang menyebabkan tidak diperbolehkan mengkonsumsi komposisi makanan tertentu serta ibu yang sedang hamil dan menyusui.
2. Variable *input* data keluarga yang digunakan dalam sistem antara lain: jumlah anggota keluarga, nama, usia, jenis kelamin, Berat Badan (BB), Tinggi Badan (TB), dan aktivitas fisik harian.
3. Usia minimal individu adalah 1 tahun.
4. Bahan makanan yang digunakan adalah 8 golongan bahan makanan penukar (karbohidrat, protein hewani, protein nabati, sayuran, buah, lemak, susumdan gula) yang dikeluarkan oleh Departemen Kesehatan RI.
5. Harga yang digunakan adalah harga umum bahan makanan di Kota Malang pada Februari 2016 - Maret 2016

6. Kandungan gizi yang menjadi acuan perhitungan kebutuhan gizi adalah karbohidrat, lemak, protein dan energi (kalori).
7. Hasil *output* adalah rekomendasi susunan bahan makanan selama satu minggu.
8. Algoritma yang digunakan adalah algoritma *Evolution Strategies* dengan tipe siklus $(\mu+\lambda)$.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Makanan dan Gizi

Makanan sehat merupakan makanan yang memiliki kandungan gizi seimbang, serat, dan zat-zat lain yang dibutuhkan oleh tubuh manusia. Gizi atau nutrisi adalah substansi organik yang diperlukan untuk aktivitas metabolisme di dalam tubuh. Gizi didapatkan dari makanan yang dikonsumsi tubuh yang melalui proses asimilasi. Besar nutrisi yang diperlukan setiap orang berbeda-beda, apabila seseorang kekurangan atau kelebihan gizi akan berpengaruh pada kesehatan tubuh seseorang tersebut [1]. Oleh karena itu gizi seimbang sangat diperlukan oleh tubuh.

Untuk dapat memenuhi kebutuhan gizi sehari-hari, diperlukan pola menu makanan yang tidak asing di masyarakat yaitu pola menu 4 sehat 5 sempurna. Pola menu tersebut terdiri dari makanan pokok, lauk, sayur, dan buah. Setiap menu memiliki bahan makanan beraneka ragam, oleh karena itu diperlukan cara untuk pemilihan bahan makanan agar sesuai dengan menu 4 sehat 5 sempurna. Dalam penyusunan menu, dibagi menjadi beberapa golongan yang memiliki kandungan gizi yang sama yaitu golongan makanan pokok, lauk, sayuran, buah, susu, dan lain-lain [1].

Dalam ilmu gizi, terdapat Daftar Bahan Makanan Penukar (BMP) yang bertujuan untuk menggolongkan bahan makanan berdasarkan kandungan kalori dan nilai gizi (karbohidrat, protein dan lemak) yang setara. Adanya bahan penukar makanan memungkinkan penggunaan bahan makanan yang bervariasi dalam suatu perencanaan makanan.

Untuk memudahkan dalam perencanaan makanan dengan menggunakan daftar makanan bergizi, maka dibuatlah standar porsi. Standar porsi merupakan rician jenis dan jumlah bahan makanan yang dikonsumsi setiap harinya sesuai dengan kebutuhan dan kecukupan gizi individu [7].

2.2 Kebutuhan Gizi

Kebutuhan gizi merupakan energi dan zat-zat gizi yang dibutuhkan tubuh untuk tetap hidup dan melakukan aktivitas di dalam tubuh. Zat gizi yang dibutuhkan tubuh antara lain , karbohidrat, protein, dan lemak.

1. Energi

Energi atau kalori merupakan kemampuan seseorang untuk melakukan suatu aktivitas fisik sehari-hari. Persamaan untuk menghitung total kebutuhan energi menurut Harris Benedict (1919) ditunjukkan pada Persamaan 2.1 [8].

$$TEE = BMR \times PA \tag{2.1}$$

Keterangan:

TEE = Total Energy Expenditure (total kebutuhan energi sehari)

BMR = Basal Metabolism Rate (Metabolisme basal) / AMB (Agka Metabolisme Basal)

PA = Physical Activity (Aktivitas Fisik)

Cara menentukan AMB dengan menggunakan Rumus Harris Benedict (1999) dijelaskan dengan Persamaan 2.2 dan Persamaan 2.3 berikut ini [9]:

- Laki-laki

$$AMB = 66 + (13,7 \times BB) + (5 \times TB - (6,8 \times U)) \tag{2.2}$$

- Perempuan

$$AMB = 655 + (9,6 \times BB) + (1,8 \times TB) - (4,7 \times U) \tag{2.3}$$

Keterangan:

AMB = Angka Metabolisme Basal

BB = Berat Badan

TB = Tinggi Badan

U = Umur

2. Karbohidrat

Untuk mengukur kebutuhan karbohidrat dalam tubuh, digunakan rumus yang ditunjukkan pada Persamaan 2.4 [8]:

$$KK = \frac{TEE - (TEDP + TEDL)}{4} \tag{2.4}$$

Keterangan:

KK = Kebutuhan Karbohidrat

TEE = Total Energy Expenditure (Total Kebutuhan Energi Sehari)

TEDP = Total Energi dari Protein

TEDL = Total Energi dari Lemak

3. Protein

Berdasarkan *persentase* (%) kebutuhan protein terhadap kebutuhan energi seseorang adalah:

- Anak-anak, remaja : 10% – 12%
- Dewasa : 15% - 20%

Rumusnya ditunjukkan dengan Persamaan 2.5 dan 2.6

$$KP = \frac{10\% - 15\% \times TEE}{4} \tag{2.5}$$

$$KP = \frac{15\% - 20\% \times TEE}{4} \tag{2.6}$$

Keterangan:

KP = Kebutuhan Protein

TEE = Total Energy Expenditure (Total Kebutuhan Energi Sehari)

4. Lemak

Persamaan 2.7 merupakan rumus perhitungan kebutuhan lemak menurut *Harris Benedict* adalah sebagai berikut [8].

$$KL = \frac{20\% - 30\% \times TEE}{9} \tag{2.7}$$

Keterangan:

KL = Kebutuhan Lemak

TEE = Total Energy Expenditure (Total kebutuhan energi sehari)

2.3 Algoritma Evolution Strategies

Algoritma *Evolution Strategies* (ES) merupakan salah satu cabang dari Algoritma Evolusi dimana terbukti dapat mengatasi masalah di berbagai bidang misalnya untuk penjadwalan, optimasi, dan lain-lain. Algoritma ini diciptakan sejak tahun 1960 dan dikembangkan oleh Ingo Rechenberg, Hans-Paul Schwefel dan lainnya [10].

Notasi yang digunakan dalam *Evolution Strategies* antara lain [6]:

1. μ (miu) → ukuran populasi
2. λ (lamda) → *offspring* hasil reproduksi

Empat tipe siklus yang umumnya digunakan dalam ES adalah sebgain berikut:

1. Siklus (μ, λ)
Siklus ini tidak melakukan rekombinasi dalam proses reproduksi, proses seleksi menggunakan

metode *elitism selection* dengan melibatkan individu dalam *offspring* (λ).

2. Siklus ($\mu/r, \lambda$)
Terjadi rekombinasi dalam proses reproduksinya, proses seleksi menggunakan metode *elitism selection* dengan melibatkan individu dalam *offspring* (λ).
3. Siklus ($\mu+\lambda$)
Pada siklus ini tidak menggunakan rekombinasi dalam proses reproduksi. Proses seleksi dengan metode *elitism selection* dengan melibatkan *parent* (μ) dan *offspring* (λ).
4. Siklus ($\mu/r+\lambda$)
Proses rekombinasi digunakan dalam proses reproduksinya. Proses seleksi menggunakan metode *elitism selection* dengan melibatkan *parent* (μ) dan *offspring* (λ).

Tahapan-tahapan dalam ES meliputi Tahapan-tahapan dalam ES meliputi representasi kromosom, penentuan nilai *fitness*, reproduksi, dan proses seleksi.

1. Representasi Kromosom

Representasi kromosom merupakan proses pengkodean dari suatu permasalahan. Solusi dari permasalahan tersebut dilakukan pemetaan (*encoding*) menjadi string kromosom yang tersusun dari sejumlah gen yang menggambarkan variabel yang digunakan untuk pemutusan suatu solusi [6].

Beberapa bentuk dari representasi kromosom, yaitu representasi biner, integer, *real*, dan permutasi [6]. Tidak semua bentuk representasi kromosom cocok untuk mengatasi semua permasalahan, oleh karena itu setiap permasalahan mempunyai bentuk representasi kromosom yang berbeda-beda. Pada algoritma *Evolution Strategies*, representasi kromosomnya menggunakan vector bilangan pecahan (*real*). Namun seiring perkembangannya, ES juga dapat menggunakan representasi kromosom bentuk representasi permutasi [6]. Dalam penelitian ini representasi yang digunakan adalah representasi permutasi. Representasi permutasi adalah representasi yang berisi nilai integer sesuai dengan panjang kromosom yang digunakan. Gambar 2.2 menunjukkan contoh representasi permutasi.



Gambar 2.1 Representasi Permutasi

2. Reproduksi

Proses Reproduksi dalam algoritma evolusi merupakan proses untuk membentuk individu baru. Pada siklus ($\mu + \lambda$) dalam algoritma *Evolution*

Strategies, reproduksi menggunakan proses mutasi tanpa adanya proses rekombinasi. Pada ES, untuk menentukan jumlah *offspring*/anak yang dihasilkan *parent* digunakan persamaan 2.8 [6].

$$\lambda = C * \mu \tag{2.8}$$

Dimana:

- λ = Jumlah *offspring* (lamda)
- C = Konstanta *offspring*
- μ = Ukuran populasi (miu)

Mekanisme *self-adaption* digunakan untuk mengontrol nilai σ (*strategy parameter*) dengan aturan 1/5. Nilai *sigma* beradaptasi sesuai dengan nilai *fitness* yang dihasilkan oleh *offspring* [6].

- Nilai *sigma* (σ) dinaikkan apabila paling sedikit 1/5 atau 20% hasil mutasi yang menghasilkan individu (*offspring*) yang lebih baik dari induknya (*fitness offspring* lebih besar dari *fitness parent*), dengan mengalikan σ dengan 1,1
- Nilai σ diturunkan apabila kurang dari 20% atau sudah tidak ada nilai *fitness* yang lebih baik (*fitness offspring* lebih kecil dari *fitness parent*). Nilai *fitness* diturunkan dengan mengalikan σ dengan 0,9.

Metode mutasi yang biasa digunakan dalam proses reproduksi adalah *exchange mutation* dan *insertion mutation*. Dalam penelitian ini, metode mutasi yang digunakan adalah *exchange mutation*. Metode mutasi dengan *exchange mutation* bekerja dengan memilih dua posisi secara random kemudian saling bertukar tempat atau nilai gen sehingga menghasilkan *offspring* baru. Gambar 2.5 merupakan penjelasan dari proses *exchange mutation* [6].



Gambar 2.2 Exchange Mutation

3. Seleksi

Seleksi merupakan proses pemilihan individu dari himpunan populasi dan *offspring* yang akan dijadikan *parent* baru kemudian dilakukan proses reproduksi selanjutnya. Tujuan adanya proses seleksi adalah agar generasi berikutnya lebih baik dari

generasi sebelumnya, oleh karena itu pemilihan individu harus yang memiliki nilai *fitness* tinggi [6].

Dalam *Evolution Strategies*, metode seleksi yang digunakan adalah metode *elitism Selection*. *Electism Selection* bekerja dengan mengumpulkan individu dalam populasi, dan mengurutkannya dari nilai *fitness* tertinggi sampai nilai *fitness* terendah. *Elitism Selection* menjamin bahwa individu yang lolos merupakan individu dengan nilai *fitness* terbaik sehingga metode ini tidak memberikan kesempatan kepada individu yang mempunyai nilai *fitness* rendah [6].

4. Fitness

Nilai *fitness* menyatakan nilai kebaikan solusi yang dibawa oleh individu. Nilai *fitness* dari individu terbaik menghasilkan solusi yang terbaik. Terdapat dua persamaan untuk perhitungan nilai *fitness*, yaitu nilai *fitness* untuk maksimasi dan untuk minimasi. [6]. Perhitungan nilai *fitness* untuk minimasi dapat dilakukan dengan Persamaan 2.9 sedangkan Persamaan 2.10 merupakan perhitungan nilai *fitness* maksimasi.

$$Fitness = \frac{C}{F(x)} \quad 2.9$$

$$Fitness = C.F(x) \quad 2.10$$

Keterangan:

C = konstanta yang ditentukan untuk menghindari pembagian nol

F(x) = total biaya

3. PERANCANGAN

Dalam menyelesaikan masalah optimasi bahan makanan sehat untuk pemenuhan gizi keluarga menggunakan algoritma *Evolution Strategies* sesuai dengan formulasi permasalahan pada subbab sebelumnya. Data kebutuhan gizi didapatkan dari perhitungan kebutuhan gizi yang selanjutnya variasi makanan optimal akan diolah dengan menggunakan algoritma *Evolution Strategies*.

Parameter-parameter data *Evolution Strategies* yang digunakan dalam penyelesaian masalah sederhana ini antara lain:

Banyak Hari : 2 hari

Jenis Bahan Makanan : Karbohidrat (KH), Protein Hewani (PH), Protein Nabati (PN), Lemak (L)

Jumlah Populasi (μ) : 2

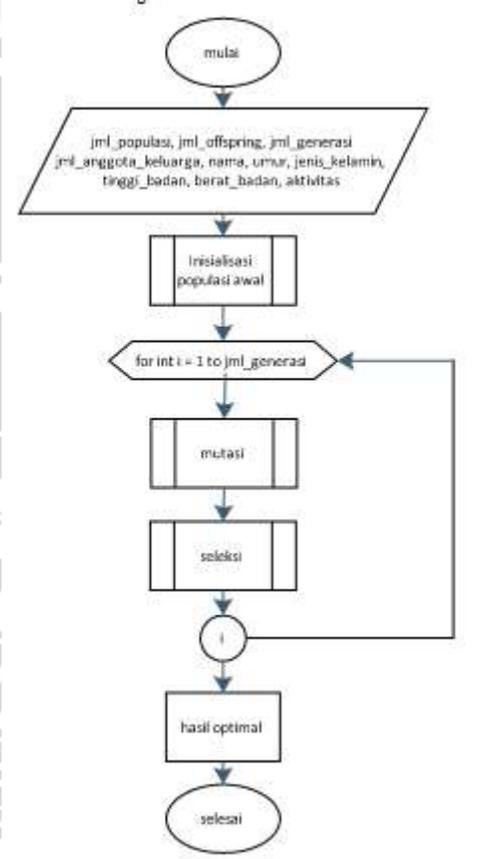
Konstanta *Offspring* (C) : 2

Sigma (σ) : [1-3]

Jumlah Generasi : 1

Angka Permutasi : [1-55]

Gambar 3.1 merupakan Diagram Alir Proses *Evolution Strategies*.



Gambar 3.1 Proses Algoritma *Evolution Strategies*

3.1 Representasi Kromosom

Representasi kromosom yang digunakan dalam penelitian ini adalah representasi permutasi dimana gen-gen diisi dengan bilangan permutasi dengan interval nilai 1 sampai dengan 55 [1-55] yang mewakili index bahan makanan. Sedangkan panjang kromosom ditentukan dari banyaknya hari. Panjang kromosom setiap harinya adalah sebanyak 12 gen dimana terdiri dari makan pagi, makan malam, dan makan siang. Untuk setiap makan terdiri dari 4 jenis bahan makanan yaitu karbohidrat (KH), protein hewani (PH), protein nabati (PN), dan lemak (L). Sehingga dalam 2 hari, panjang kromosomnya sejumlah 24 gen. Tabel 3.1 merupakan penjelasan kromosom optimasi bahan makanan selama dua hari.

Tabel 3.1 Penjelasan Kromosom

hari 1											
pagi				Siang				Malam			
KH	PH	PN	L	KH	PH	PN	L	KH	PH	PN	L
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Hari 2											
pagi				Siang				Malam			
KH	PH	PN	L	KH	PH	PN	L	KH	PH	PN	L
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Contoh kromosom *parent* P1 untuk optimasi makanan selama 2 hari dan 4 Jenis bahan makanan penunjuk yaitu KH, PH, PN dan L ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Representasi Kromosom

30	21	29	12	55	51	18	1	8	17	20	33
45	20	11	19	6	13	37	3	10	28	49	50

3.2 Perhitungan Fitness

Setiap kromosom yang dibangkitkan memiliki nilai *fitness* yang menyatakan kebaikan solusi dari kromosom tersebut. Langkah-langkah perhitungan nilai *fitness* adalah:

- Melakukan konversi nilai gen menjadi index bahan makanan

Gen-gen dalam kromosom merupakan bilangan acak dengan interval 1-55 dikonversi menjadi index bahan makanan dengan persamaan 3.1. Hasil perhitungan tersebut kemudian dilakukan pembulatan ke angka penting sesuai dengan jumlah setiap jenis bahan makanan.

$$index\ gen\ ke\ -\ i = \left((jumlah\ x - 1) * \frac{n-1}{a-b} \right) + 1 \quad 3.1$$

Keterangan:

- x : jenis bahan makanan
- n : nilai gen ke- i
- a : batas atas angka permutasi
- b : batas bawah angka permutasi

- Menghitung berat bahan makanan

Setelah melakukan konversi index bahan makanan makanan, langkah selanjutnya adalah menghitung berat tiap porsi bahan makanan tersebut yang dibutuhkan masing-masing individu sesuai dengan waktu makan (pagi, siang, malam) dengan persamaan 3.2 serta total berat bahan makanan yang dibutuhkan dalam satu keluarga.

$$b_n = (berat\ x * porsi\ y_n) * persentase\ makan \quad 3.2$$

Keterangan:

- b : berat bahan makanan- x
- x : bahan makanan
- y : porsi jenis bahan makanan sesuai bahan makanan- x

n : anggota keluarga

Kemudian menghitung total berat yang dibutuhkan untuk setiap bahan makanan.

- Menghitung nilai gizi setiap bahan makanan

Setelah itu menghitung nilai gizi karbohidrat, lemak, protein, dan energi yang telah dipenuhi oleh masing-masing bahan makanan untuk setiap anggota keluarga sesuai dengan berat yang dianjurkan. Persamaan 3.3 digunakan untuk menghitung kandungan gizi yang telah terpenuhi

$$nilai\ gizi\ x_n = \frac{berat\ x_n}{berat\ asli\ x} * kandungan\ gizi\ a_x \quad 3.3$$

Keterangan:

- x : bahan makanan
- n : anggota keluarga
- a : jenis zat gizi (Karbohidrat, Protein, Lemak, dan energi)

Setelah mengetahui nilai gizi setiap bahan makanan, kemudian menghitung rata-rata nilai yang terpenuhi selama dua hari untuk setiap anggota keluarga. Persamaan 3.4 digunakan untuk menghitung rata-rata nilai gizi yang telah terpenuhi setiap anggota keluarga.

$$Rata - rata\ g_n = \frac{\sum g_n}{\sum h} \quad 3.4$$

Keterangan:

- g : Nilai gizi- i
- i : jenis zat gizi
- n : anggota keluarga
- h : hari

- Menghitung *penalty* gizi

Penalty gizi yaitu kebutuhan gizi yang tidak terpenuhi. Langkah pertama untuk menghitung *penalty* gizi adalah menghitung *penalty* gizi masing-masing individu. Persamaan 3.5 digunakan untuk menghitung selisih kebutuhan gizi dengan kandungan gizi yang terpenuhi.

$$penalty\ x_n = \sum kebutuhan\ x_n - a_n \quad 3.5$$

Keterangan:

- x : jenis zat gizi
- n : anggota keluarga
- a : rata-rata nilai gizi x

Langkah selanjutnya adalah menghitung total *penalty* gizi dengan persamaan 3.6.

$$penalty\ gizi = \sum penalty\ KH + \sum penalty\ P + \sum penalty\ L + \sum penalty\ E \quad 3.6$$

Keterangan

- KH : Karbohidrat
- P : Protein
- L : Lemak
- E : Energi

- Menghitung harga bahan makanan

Setelah total berat diketahui, langkah selanjutnya adalah menghitung biaya untuk masing-masing bahan makanan dengan persamaan 4.7.

$$harga = \frac{total\ berat\ x}{1000} * harga\ x \quad 3.7$$

Keterangan:

x : bahan makanan

6. Menghitung variasi bahan makanan

Tujuan dari adanya perhitungan variasi bahan makanan adalah agar dalam terjadi keanekaragaman yang besar dalam penyusunan bahan makanan. Perhitungan itu sendiri dilakukan dengan menghitung jumlah bahan makanan yang berbeda dalam satu kromosom. Tabel 3.3 menunjukkan variasi bahan makanan pada kromosom P1.

Tabel 3.3 Variasi Bahan Makanan

Jenis Bahan Makanan	Hari 1			Hari 2			Total
	Pagi	Siang	Malam	Pagi	Siang	Malam	
KH	10	17	3	14	2	4	6
PH	15	35	12	14	9	20	6
PN	7	4	5	3	8	11	6
L	3	4	8	5	11	4	4
Jumlah variasi							22

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *fitness* pada kromosom P1. Rumus untuk menghitung *fitness* ditunjukkan pada persamaan 3.8. C merupakan konstanta yang digunakan untuk menghindari pembagian yang bernilai 0 (nol). Dalam penyelesaian kasus sederhana ini, nilai C yang digunakan untuk total harga adalah 10000000 dan 10000 untuk *penalty* gizi.

$$fitness = \frac{c}{total\ harga} + variasi * C + \frac{c}{penalty\ gizi} \quad 3.8$$

Contoh perhitungan *fitness* adalah sebagai berikut:

$$fitness = \frac{10000000}{85581,8} + 22 * 2 + \frac{100000}{1362,135} = 116,531747 + 44 + 57,01154 = 217,543295$$

Didapatkan nilai *Fitness* untuk kromosom P1 adalah 217,543295.

Sedangkan konstanta (C) yang digunakan dalam penelitian ini adalah 100000000 untuk total harga, 1 untuk variasi, dan 100000 untuk *penalty* gizi.

3.3 Inisialisasi Populasi Awal

Inisialisasi merupakan tahapan awal dari algoritma *Evolution Strategies* yaitu dengan membangkitkan individu *parents* secara random. Pada tahap ini akan dibangkitkan individu *parents* secara random dengan interval 1 sampai 55. Nilai *Strategy parameter* (σ) merupakan nilai random dengan

interval yang telah ditentukan sebelumnya yaitu [1-3] sehingga nilai dari σ merupakan nilai random antara 1 sampai 3. Masing-masing individu memiliki nilai σ .

Setelah membangkitkan populasi awal, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *fitness* dari masing-masing kromosom. Tabel 3.4 menunjukkan individu awal yang telah dibangkitkan secara random, nilai σ , dan nilai *fitness* dari masing-masing individu.

Tabel 3.4 Inisialisasi Populasi Awal

Individu	Kromosom												Sigma	Fitness
	30	21	29	12	55	51	18	1	8	17	20	33		
P1	45	20	11	19	6	13	37	3	10	28	49	50	1,6	217,5433
	1	46	35	22	10	27	43	3	8	19	15	44		
P2	18	26	34	5	13	25	4	31	5	28	37	54	1,2	187,9716
	45	3	25	50	14	23	27	33	12	47	51	17		
P3	15	28	35	44	1	11	16	20	22	6	4	14	2,1	188,3167

3.4 Reproduksi (Mutasi)

Setelah populasi awal (μ) terbentuk, langkah selanjutnya adalah proses reproduksi. Siklus yang digunakan dalam penelitian ini adalah ($\mu + \lambda$) sehingga proses reproduksi hanya menggunakan metode mutasi. Mutasi dilakukan untuk menghasilkan *offspring* (λ) dan jumlah *offspring* yang dihasilkan. Dalam penelitian ini metode mutasi yang digunakan adalah *exchange mutation*. Nilai *strategy parameters* (σ) menyatakan banyaknya proses mutasi yang dilakukan untuk menghasilkan satu *offspring*. Proses mutasi dilakukan pada setiap hari. Gambar 3.1 dan 3.2 menunjukkan proses mutasi individu P1 dan P2 untuk menghasilkan *offspring* C1 dan C3.

P1	30	21	29	12	55	51	18	1	8	17	20	33
	45	20	11	19	6	13	37	3	10	28	49	50
Proses 1	30	21	29	12	55	51	18	1	8	17	20	33
	45	20	11	19	6	13	37	3	10	28	49	50
Hasil	30	21	29	8	55	51	18	1	33	17	20	33
	28	20	11	19	6	13	37	3	10	45	49	50
Proses 2	30	21	29	8	55	51	18	1	12	17	20	33
	28	20	11	19	6	13	37	3	10	45	49	50
Hasil	30	21	35	8	55	51	18	1	12	17	20	33
	28	20	11	10	6	13	37	3	10	45	49	50
C1	30	21	55	8	29	51	18	1	12	17	20	33
	28	20	11	10	6	13	37	3	19	45	49	50

Gambar 3.2 Proses Mutasi P1

Pada Gambar 3.2 Terlihat bahwa P1 mengalami proses mutasi sebanyak 2 kali dikarenakan nilai σ dari P1 adalah 1,6 yang dibulatkan menjadi 2. 2 Gen dipilih secara random yang kemudian ditukarkan.

P1	1	46	35	22	10	27	43	3	8	19	15	44
	18	26	34	5	13	25	4	31	5	28	37	54
Proses 1	1	46	35	22	10	27	43	3	8	19	15	44
	18	26	34	5	13	25	4	31	5	28	37	54
Hasil	1	46	8	22	10	27	43	3	8	19	15	44
	18	26	34	5	13	25	4	5	31	28	37	54
C1	1	46	8	22	10	27	43	3	35	19	15	44
	18	26	34	5	13	25	4	5	31	28	37	54

Gambar 3.3 Proses Mutasi P2

Pada Gambar 3.3 Terlihat bahwa P2 mengalami proses mutasi sebanyak 2 kali dikarenakan nilai σ dari P1 adalah 1,2 yang dibulatkan menjadi 1. 2 Gen dipilih secara random yang kemudian ditukarkan.

3.5 Seleksi

Seleksi merupakan proses pencarian individu terbaik. Metode seleksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Elitism Selection*. Metode *Elitism Selection* yaitu dengan menggabungkan *parent* dan *child* kemudian mengurutkan nilai fitness individu-individu tersebut dari yang paling tinggi hingga paling rendah. Individu terbaik akan menjadi *parent* generasi berikutnya. Tabel 3.5 merupakan hasil dari proses seleksi yang akan dijadikan parent pada generasi berikutnya.

Tabel 3.5 Hasil Seleksi

Individu (ID)	Parent	Kromosom	Fitness
P1	P1	30 21 29 17 55 51 18 1 8 17 20 33 45 20 11 19 6 13 37 3 10 28 49 50	217,5432
C2	P1	1 21 29 12 55 17 18 30 8 51 20 33 45 37 50 19 6 13 20 3 10 28 49 11	312,9455
C1	P1	50 21 55 8 29 51 18 1 12 17 20 33 28 20 11 10 6 13 37 3 19 45 49 50	204,6054

4 PENGUJIAN

Bab ini menguraikan hasil dan pembahasan dari pengujian sistem yang dilakukan berdasarkan perancangan pengujian pada bab sebelumnya. Pengujian meliputi pengujian jumlah populasi, jumlah *offspring*, banyak generasi, dan angka permutasi.

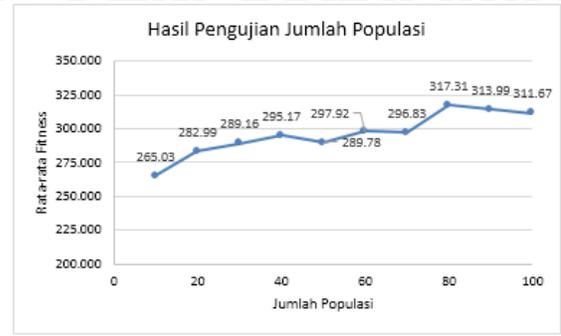
4.1 Pengujian Jumlah Populasi

Pengujian jumlah populasi digunakan untuk mengetahui pengaruh jumlah populasi terhadap nilai *fitness* yang dihasilkan. Jumlah populasi yang optimal adalah populasi yang memiliki nilai fitness tertinggi. Jumlah populasi yang diuji antara lain 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, dan 100. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Parameter ES lain yang digunakan adalah:

Jumlah *offspring* : 3μ

Banyak generasi : 20

Angka permutasi : [1-55]



Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengujian Jumlah Populasi

Hasil pengujian jumlah populasi menunjukkan bahwa nilai *fitness* terbaik dipengaruhi oleh jumlah populasi. Berdasarkan Tabel 6.2 dan Gambar 6.1 rata-rata nilai *fitness* terbesar yaitu 317,30504, dihasilkan oleh jumlah populasi 80. Sedangkan rata-rata nilai *fitness* terkecil dihasilkan dari jumlah populasi 10 dengan rata-rata nilai *fitness* 265,02822.

Penambahan jumlah populasi tidak menjamin kenaikan terhadap rata-rata nilai *fitness*. Grafik pada Gambar 6.1 menunjukkan rata-rata nilai *fitness* pada jumlah populasi 10 hingga 80 mengalami peningkatan, namun pada populasi 90 dan 100 mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan konsep *random* dalam algoritma *Evolution Strategies*, dimana pembangkitan kromosom awal, penentuan nilai *strategy parameter* (σ), dan penentuan titik mutasi dilakukan secara acak. Pengujian hanya dilakukan hingga jumlah populasi 100 karena apabila melebihi itu akan memakan waktu komputasi yang semakin lama untuk setiap percobaannya. Semakin kecil jumlah populasi maka peluang untuk mencari solusi terbaik semakin sempit. Sebaliknya semakin besar ukuran populasi maka peluang untuk mencari solusi terbaik semakin luas. Pada pengujian jumlah populasi ini, didapatkan bahwa jumlah populasi terbaik adalah 80.

4.2 Pengujian Jumlah Offspring

pengujian Jumlah *offspring* (λ) digunakan untuk mengetahui pengaruh jumlah *offspring* terhadap nilai *fitness*. Jumlah *offspring* yang diuji adalah antara 1μ hingga 10μ . Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Parameter ES lain yang digunakan adalah:

Jumlah Populasi : 20

Banyak generasi : 20

Angka permutasi : [1-55]



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Jumlah Offspring

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *fitness* terbaik dipengaruhi oleh jumlah *offspring*. Berdasarkan Tabel 6.3 dan Gambar 6.2 rata-rata nilai *fitness* terbesar yaitu 422,668, dihasilkan oleh ukuran populasi 8μ. Sedangkan rata-rata *fitness* terkecil dihasilkan dari jumlah populasi 1μ dengan rata-rata nilai *fitness* 233,048.

Rata-rata nilai *fitness* mengalami peningkatan pada jumlah *offspring* 1μ hingga 8μ, namun pada jumlah *offspring* 9μ rata-rata nilai *fitness* mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah *offspring* yang besar tidak menjamin nilai *fitness* semakin besar. Pada umumnya penambahan jumlah *offspring* akan menghasilkan variasi individu yang semakin banyak. Namun belum tentu menghasilkan solusi terbaik karena penentuan titik mutasi yang dilakukan secara acak serta nilai *sigma* (*strategy parameter*) *parent* yang dibangkitkan secara acak dengan rentang nilai antara 1 sampai 3 sehingga memungkinkan nilai *fitness* yang dihasilkan tidak lebih baik dari nilai *fitness parent*. Pada pengujian jumlah *offspring*, didapatkan bahwa jumlah *offspring* terbaik adalah 8μ.

4.3 Pengujian Jumlah Generasi

Pengujian banyak generasi digunakan untuk mengetahui pengaruh banyak generasi terhadap nilai *fitness*. Banyak generasi digunakan untuk menentukan berapa kali proses iterasi. Pengujian dilakukan pada banyak generasi 10 hingga 100 dan dilakukan sebanyak 20 kali percobaan. Parameter ES lain yang digunakan adalah:

Jumlah Populasi : 20

Jumlah Offspring : 3μ

Angka permutasi : [1-55]



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pegujian Banyak Generasi

Hasil pengujian jumlah generasi menunjukkan bahwa jumlah generasi mempengaruhi rata-rata nilai *fitness* terbaik. Berdasarkan Tabel 6.4 dan Gambar 6.3 rata-rata nilai *fitness* tertinggi pada generasi 120 dengan rata-rata nilai *fitness* 443,741. Sedangkan rata-rata nilai *fitness* terendah sebesar 267,128 dengan banyak generasi 10.

Rata-rata nilai *fitness* mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah generasi. Pada jumlah generasi 20 hingga 120, rata-rata nilai *fitness* terus meningkat. Namun pada generasi 140 rata-rata nilai *fitness* menurun. Sedangkan pada jumlah generasi 160 hingga 200 rata-rata *fitness* hampir sama. Kenaikan rata-rata nilai *fitness* yang terus menerus dikarenakan semakin banyak jumlah generasi memungkinkan menghasilkan lebih banyak variasi individu baru. Sebaliknya semakin sedikit jumlah generasi maka variasi individu baru juga semakin sedikit. Namun untuk menghasilkan rata-rata nilai *fitness* yang lebih baik menjadi tidak pasti karena konsep random pada algoritma *Evolution Strategies*, dimana pembangkitan kromosom awal dan nilai *strategy parameters* serta penentuan titik mutasi dilakukan secara random. Pada pengujian banyak generasi, didapatkan banyak generasi terbaik adalah 120.

4.4 Pengujian Jumlah Permutasi

Pengujian angka permutasi digunakan untuk mengetahui pengaruh rentan angka permutasi terhadap rata-rata nilai *fitness*. Angka permutasi digunakan untuk pembangkitan kromosom awal dengan rentan angka permutasi yang ditentukan. Parameter ES lain yang digunakan adalah:

Jumlah populasi : 20

Jumlah Offspring : 3μ

Banyak generasi : 20



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian Angka Permutasi

Hasil pengujian angka permutasi menunjukkan bahwa interval angka permutasi sedikit mempengaruhi rata-rata nilai *fitness*. Berdasarkan Tabel 6.5 dan Grafik 6.4 rata-rata nilai *fitness* tertinggi berada pada interval angka permutasi 1 hingga 65 yaitu 265,9337. Sedangkan rata-rata nilai *fitness* terendah adalah 252,2159 dengan interval angka permutasi 1 hingga 85.

Rata-rata nilai *fitness* dari interval angka permutasi [1-55] hingga [1-66] mengalami peningkatan yang tidak terlalu besar. Pada Interval angka permutasi [1-75] dan [1-85] rata-rata nilai *fitness* mengalami penurunan. Namun pada interval angka permutasi [1-95] hingga [1-145] rata-rata nilai *fitness* mengalami penurunan dan peningkatan yang tidak terlalu signifikan, sehingga pada setiap interval angka permutasi mempunyai rata-rata nilai *fitness* yang hampir sama. Secara garis besar, untuk keseluruhan percobaan, rata-rata nilai *fitness* berada antara 250,000 hingga 275,000. Pada umumnya, semakin rendah interval angka permutasi maka *fitness* yang dihasilkan semakin tinggi, namun kenyataannya tidak demikian. Hal itu terjadi karena konsep *random* pada algoritma *Evolution Strategies*. Sedangkan perbedaan rata-rata nilai *fitness* yang tidak terlalu signifikan disebabkan oleh rumus konversi gen ke index bahan makanan dimana data bahan makanan paling banyak adalah 52 sehingga apabila hasil perhitungan lebih dari itu maka akan dilakukan pembulatan yang menyebabkan kemungkinan variasi bahan makanannya menjadi rendah. Berdasarkan hasil pengujian angka permutasi maka dapat dilihat bahwa interval angka permutasi tertinggi adalah 1 hingga 65.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian optimasi bahan makanan sehat untuk pemenuhan gizi

keluarga dengan algoritma *Evolution Strategies* adalah sebagai berikut:

1. Algoritma *Evolution Strategies* dapat diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi susunan bahan makanan sehat untuk pemenuhan gizi keluarga dengan memberi solusi variasi bahan makanan yang sesuai dengan kebutuhan gizi keluarga selama satu minggu dengan biaya yang minimal. Dalam penelitian ini representasi kromosom untuk tahap inialisasi populasi awal yang digunakan adalah representasi permutasi. Kemudian proses selanjutnya adalah mutasi dengan metode mutasi yang digunakan adalah Exchange Mutation. Proses terakhir adalah seleksi dengan menggunakan metode seleksi Elitism Selection.
2. Dalam mengukur kualitas terbaik pada penelitian ini adalah nilai *fitness* tertinggi yang akan menjadi solusi terbaik dan mendapatkan hasil yang optimal dengan total biaya yang minimal, variasi bahan makanan yang paling besar, dan penalty gizi yang minimal. Pada hasil pengujian, jumlah populasi terbaik adalah 80, jumlah offspring terbaik 8 μ , interval angka permutasi terbaik antara 1 hingga 65, dan jumlah generasi terbaik adalah 120 dengan rata-rata nilai *fitness* 443,741. Hal tersebut menunjukkan semakin banyak generasi maka nilai *fitness* cenderung semakin naik namun membutuhkan waktu komputasi yang semakin lama

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan terdapat beberapa saran yang dapat bermanfaat bagi pengembangan penelitian ini:

1. Optimasi susunan bahan makanan sehat untuk pemenuhan gizi keluarga yang dilakukan dalam penelitian ini hanya untuk anggota keluarga sehat saja. Padahal dalam kenyataannya ada individu dalam keluarga tertentu yang memerlukan perhatian khusus, misalnya untuk pengidap penyakit tertentu, alergi, ataupun ibu hamil dan menyusui. Sehingga pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pada semua anggota keluarga, baik sehat maupun berkebutuhan makanan khusus.
2. Kandungan gizi yang dipertimbangkan dalam penelitian ini adalah karbohidrat, protein, dan lemak, sehingga pada penelitian selanjutnya dapat ditambahkan dengan kandungan gizi lainnya seperti vitamin,

kalsium, fosfor, dan iodium agar hasil optimasi lebih akurat dengan kebutuhan gizi keluarga.

3. Faktor yang dipertimbangkan dalam optimasi adalah kandungan gizi, biaya, dan variasi dan diharapkan dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan faktor lain seperti kecocokan antara bahan makanan satu dengan bahan makanan lain sehingga dapat dihasilkan rekomendasi bahan makanan yang dapat dengan mudah diolah menjadi menu makanan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Almtsier, Prinsip Dasar Ilmu Gizi, 9th penyunt., Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2010.
- [2] Kementrian Kesehatan RI, "Pedoman Gizi Seimbang," Jakarta, 2014.
- [3] Badan Penelitian Dan Pengembangan Kementrian Kesehatan RI, "Riset Kesehatan Dasar," Kementrian Kesehatan RI, Jakarta, 2013.
- [4] Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan RI, Studi Diet Total : Survey Konsumsi Makanan Individu Indonesia 2014, Jakarta: Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, 2014.
- [5] N. Rifqi, W. Maharani dan Shaufiah, "Analisis dan Implementasi Klasifikasi Data Mining Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dan Evolution Strategies," dalam *Konferensi Nasional Sistem dan Informatika*, Bali, 2012.
- [6] W. F. Mahmudy, *Algoritma Evolusi*, Malang: Universitas Brawijaya, 2013.
- [7] B. Bakri, N. Hakimah dan Y. Kristianto, *Buku Ajar Manajemen System Penyelenggaraan Makanan (Food Service Management)*, I penyunt., Malang: Politeknik Kesehatan Kemenkes Malang, 2013.
- [8] A. Hartono, *Terapi Gizi dan Diet Rumah Sakit*, 2nd penyunt., Jakarta: Buku Kedokteran EGC, 2006.
- [9] Instalasi Gizi Perjan RS Dr. Cipto Mangunkusumo dan Asosiasi Dietisien Indonesia, *Penuntun Diet edisi baru*, 25th penyunt., Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2010.
- [10] H. G. Beyer dan H. P. Schewefel, "Evolution Strategies A Comprehensive Introduction," *Natural Computing*, pp. 3-52, 2002.
- [11] N. Wahid dan W. F. Mahmudy, "Optimasi Komposisi Makanan untuk Penderita Kolesterol Menggunakan Algoritma Genetika," SKRIPSI, Malang, 2015.
- [12] M. Pratiwi, "Implementasi Algoritma Genetika pada Optimasi Biaya Pemenuhan Kebutuhan Gizi," *DORO*, p. 7, 2014.
- [13] F. Streichert, "Introduction to Evolutionary Algorithm," dalam *Frankfurt MathFinance Workshop*, Frankfurt, 2002.