

OPTIMASI PEMENUHAN KEBUTUHAN GIZI KELUARGA MENGUNAKAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION*

Felia Eliantara¹, Imam Cholissodin², Indriati³
Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Brawijaya, Malang^{1,2,3}
feliantara@gmail.com, imamcs@ub.ac.id, indriati.tif@ub.ac.id

ABSTRACT

Data consumption of Indonesian society when checked with balanced nutritional guidelines, tends still below standard. This is confirmed by results Riset Kesehatan Dasar Riskesdas(2013) who found the data on fruit and vegetable that consumption by among people aged over 10 years who are still under which it should be, namely 93.5%. On the protein also tend to be low, and many are derived from vegetable protein, as well as the high levels of sugar, salt, fat from food and beverage consumption in cities and villages. In fact, the food that combined with the better according to the activity or physical condition of the body can be the big benefit to fulfill the energy needs, growth and healthy. If not, then the activity would be disturbed. Thus, the required dose of the proper foods to fulfill the nutritional needs of all family members, according to with factors such as age, sex, weight, height, and activity will be a major concern. Appropriate dose with the complex condition including how to minimize the price and still be able to fulfill the nutritional needs of the many choices of food and also still consider the number of family members, it will be very difficult if done traditionally, especially if made schedule for the preparation of the food menu to a few days, it is certainly necessary support technology that can work automatically. In this research proposes the use of algorithms particle swarm optimization (PSO) which has proven very quick to give optimal results and automated recommendations, from a combination of food ingredients for fulfilling a family nutritional needs, with the simple steps when compared to other optimization algorithms. The test results proved that the system able to fulfill the nutritional needs of families who still fulfill the threshold of tolerance at $\pm 10\%$, and can be save total price on capital expenses amounted to 39.31%.

Keywords: nutrition, family, healthy food, optimization, particle swarm optimization.

ABSTRAK

Data konsumsi masyarakat Indonesia jika disesuaikan dengan pedoman gizi seimbang, cenderung masih di bawah standar. Hal ini diperkuat oleh hasil Riset Kesehatan Dasar Riskesdas(2013) tentang data konsumsi sayur dan buah pada penduduk usia di atas 10 tahun yang masih di bawah anjuran, yaitu 93,5%. Pada protein juga cenderung rendah, dan masih banyak yang berasal dari protein nabati, serta tingginya kadar gula, garam, lemak dari konsumsi makanan dan minuman di kota maupun desa. Padahal, makanan yang dikombinasi dengan baik sesuai dengan aktifitas atau kondisi fisik tubuh dapat bermanfaat besar untuk memenuhi kebutuhan energi, pertumbuhan dan kesehatan tubuh. Jika tidak, maka aktifitas pun akan terganggu. Maka dibutuhkan takaran bahan makanan yang tepat untuk memenuhi kebutuhan gizi semua anggota keluarga, sesuai dengan faktor-faktor seperti usia, jenis kelamin, berat badan, tinggi badan, dan aktivitas akan menjadi perhatian utama. Takaran yang tepat dengan kondisi yang kompleks termasuk bagaimana cara meminimalkan harga dan tetap bisa memenuhi kebutuhan gizi dari banyaknya pilihan bahan makanan dan juga banyaknya anggota keluarga, akan sangat sulit sekali jika dilakukan secara tradisional, apalagi jika dibuat jadwal penyusunan menu makanannya sampai beberapa hari, hal ini pasti sangat membutuhkan dukungan teknologi yang mampu bekerja secara otomatis. Pada penelitian ini mengusulkan penggunaan algoritma *particle swarm optimization* (PSO) yang sudah terbukti sangat cepat untuk memberikan hasil rekomendasi secara optimal dan otomatis dari kombinasi bahan makanan untuk pemenuhan kebutuhan gizi keluarga, dengan langkah-langkah yang sederhana jika dibandingkan dengan algoritma optimasi lainnya. Hasil pengujian membuktikan bahwa sistem mampu memenuhi kebutuhan gizi keluarga yang masih memenuhi dalam ambang toleransi $\pm 10\%$, dan dapat menghemat biaya pengeluaran sebesar 39,31%.

Kata Kunci: gizi, keluarga, makanan sehat, optimasi, particle swarm optimization.

PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari, kebutuhan asupan gizi tentunya merupakan aspek yang penting. Dalam menanggulangi permasalahan dalam aspek gizi, pendekatan medis dan pelayanan kesehatan saja tidak cukup untuk karena terdapat banyak faktor yang menyebabkan permasalahan gizi seperti faktor pertanian, sosial, ekonomi dan budaya. Di Indonesia maupun pada negara berkembang lainnya permasalahan mengenai gizi kebanyakan didominasi permasalahan kekurangan zat-zat gizi seperti protein, besi, yodium dan vitamin, sedangkan yang terjadi di kota-kota besar atau maju didominasi oleh masalah kelebihan zat gizi atau obesitas (Supriasa, 2001). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan tahun 2014 mengenai pedoman gizi seimbang, konsumsi pangan masyarakat Indonesia cenderung dibawah standar gizi seimbang. Berdasarkan Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2013, 93.5% konsumsi sayuran dan buah-buahan pada penduduk usia di atas 10 masih di bawah anjuran. Kualitas protein yang dikonsumsi rata-rata perorang perhari juga cenderung rendah karena sebagian besar berasal dari protein nabati seperti sereal dan kacang-kacangan.

Untuk konsumsi makanan dan minuman berkadar gula tinggi, garam tinggi dan lemak tinggi, baik pada masyarakat perkotaan maupun perdesaan, masih cukup tinggi. Riskesdas 2007, 2010, 2013 menunjukkan bahwa presentase kasus kekurangan gizi di Indonesia masih cenderung tinggi. Kecenderungan prevalensi kurus (*wasting*) anak balita dari 13.6% menjadi 13.3% dan menurun 12.1%. Sedangkan kecenderungan prevalensi anak balita pendek (*stunting*) sebesar 36.8%, 35.6%, 37.2%. Prevalensi gizi kurang (*underweight*) berturut-turut 18.4%, 17.9% dan 19.6%. Prevalensi kurus anak sekolah sampai remaja berdasarkan Riskesdas 2010 sebesar 28.5% (Permenkes, 2014).

Makanan sehari-hari yang dikombinasikan dengan baik, selain berfungsi sebagai asupan gizi, juga bermanfaat untuk banyak hal lainnya seperti menyuplai energi, mendukung proses pertumbuhan serta pemeliharaan jaringan tubuh serta membantu jalannya proses-proses yang terjadi dalam tubuh. Hal ini tentunya juga berpengaruh besar terhadap aktifitas fisik manusia sehari-hari. Bila asupan gizi tidak tercukupi maka kemungkinan besar aktifitas pun akan terganggu. Kebutuhan gizi Setiap orang tentunya berbeda-beda. Hal ini disebabkan oleh faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan asupan gizi masing-masing individu, seperti usia, jenis kelamin, berat badan, tinggi badan, dan aktivitas.

Agar kebutuhan gizi dapat tercukupi manusia harus mengkonsumsi makanan sehat. Definisi makanan sehat adalah makanan yang memiliki perpaduan kandungan gizi yang seimbang untuk mencukupi kebutuhan gizi seseorang/ Pola makan 4 sehat 5 sempurna dapat dikatakan sebagai makanan sehat karena mengandung semua zat gizi yang diperlukan tubuh (Almatsier, 2009). Dari aspek teknologi dapat dibuat suatu solusi untuk membantu mengkalkulasi kebutuhan gizi dan asupan makanan apa saja yang dibutuhkan untuk mencukupi kebutuhan gizi tersebut solusi ini berupa rekomendasi kombinasi optimal bahan pangan yang dapat memenuhi kebutuhan gizi, tidak hanya satu orang tetapi kombinasi bahan makanan untuk memenuhi kebutuhan satu keluarga.

Pada penelitian ini akan dilakukan optimasi Pemenuhan Kebutuhan gizi keluarga dengan rekomendasi kombinasi bahan makanan. Untuk proses optimasi pada penelitian ini, digunakan algoritma Particle Swarm Optimization (PSO). Pada dasarnya PSO adalah sebuah teknik optimasi berbasis populasi untuk mencari

solusi optimal menggunakan populasi dari partikel itu sendiri. PSO didasari ide bahwa setiap kerumunan partikel merupakan solusi dari ruang solusi (E.P. & M., Z.Z. Kurniawan, 2010). Algoritma PSO memiliki kelebihan yaitu, algoritma ini memiliki konsep sederhana, dapat diimplementasikan dengan mudah, dan lebih efisien dalam perhitungan dibandingkan dengan algoritma matematika dan teknik optimisasi heuristik lainnya (Maickel, dkk., 2009). Dari berbagai hal yang telah dijabarkan diatas, maka penulis melakukan penelitian dengan judul “Optimasi Pemenuhan Kebutuhan Gizi Keluarga Menggunakan *Particle Swarm Optimization*”.

METODE PENELITIAN

a. Algoritma Particle Swarm Optimization

Algoritma PSO diperkenalkan oleh Dr. Eberhart dan Dr. Kennedy pada tahun 1995, merupakan algoritma optimasi yang meniru proses yang terjadi dalam kehidupan populasi burung dan ikan dalam bertahan hidup (R.L., Haupt, S.E Haupt, 2004). *Particle Swarm Optimization* (PSO) adalah salah satu dari teknik komputasi evolusioner, yang mana populasi pada PSO didasarkan pada penelusuran algoritma dan diawali dengan suatu populasi yang random yang disebut dengan particle (Maickel, dkk., 2009).

Pada dasarnya adalah sebuah teknik optimasi berbasis populasi untuk mencari solusi optimal menggunakan populasi dari partikel itu sendiri. PSO didasari ide bahwa setiap kerumunan partikel merupakan solusi dari ruang solusi (E.P. & M., Z.Z. Kurniawan, 2010). Algoritma PSO dapat digunakan pada berbagai masalah optimasi baik kontinyu maupun diskrit, linier maupun nonlinier. PSO memodelkan aktivitas pencarian solusi terbaik dalam suatu ruang solusi sebagai aktivitas terbangnya kelompok partikel dalam suatu ruang solusi tersebut. Posisi partikel dalam ruang solusi tersebut merupakan kandidat solusi yang berisi variabel-variabel optimasi. Setiap posisi tersebut akan dikaitkan dengan sebuah nilai yang disebut nilai objektif atau nilai *fitness* yang dihitung berdasarkan fungsi objektif dari masalah optimasi yang akan diselesaikan. Pada analogi burung, fungsi tersebut dapat berupa kualitas maupun kuantitas makanan pada tiap tempat dan kumpulan partikel atau dalam hal ini burung, akan mencari tempat dengan kualitas terbaik dan kuantitas terbanyak. Tidak seperti halnya metode deterministik lain, dalam fungsi kontinyu optimasi, PSO tidak menggunakan gradien informasi dalam pencarian solusi, sehingga tidak berakibat kesalahan fungsi persyaratannya terus menerus (N., Boukadoum, M. & Proulx, R. Nouaouria, 2013).

Setiap partikel mempertahankan posisinya, terdiri *fitness* yang telah dievaluasi, dan kecepatannya. Selain itu, Setiap partikel mengingat nilai *fitness* terbaik yang telah dicapai sejauh ini selama pengoperasian algoritma, disebut sebagai *fitness* Partikel terbaik, dan kandidat solusi yang dicapai oleh *fitness* ini, disebut sebagai yang posisi terbaik Partikel (*pbest*). Akhirnya, algoritma PSO mempertahankan nilai *fitness* terbaik dicapai antara semua partikel dalam *swarm*, yang disebut *fitness* global terbaik, dan kandidat solusi yang dicapai *fitness* ini, disebut posisi terbaik global (*gbest*).

Algoritma ini terdiri dari tiga langkah, yang diulang sampai kondisi berhenti (J. Blondin, 2009):

1. Mengevaluasi *fitness* dari setiap partikel
2. *Update fitness* Partikel dan global terbaik dan posisi
3. *Update* kecepatan dan posisi setiap partikel

Perubahan kecepatan (*velocity*) pada algoritma ini direpresentasikan dengan persamaan (1) (Novitasari D., Cholissodin I., Mahmudy W.F., 2016):

$$v_i^{k+1} = \omega v_i^k + c_1 \text{rand}_1 \times (pbest_i^k - x_i^k) + c_2 \text{rand}_2 \times (gbest - x_i^k) \quad (1)$$

dimana ;

v_i^k : kecepatan partikel ke-*i* pada iterasi ke-*k*

ω : faktor pembobot (inertia)

c_1, c_2 : koefisien akselerasi

rand : nilai acak antara 0 dan 1

x_i^k : posisi partikel ke-*i* pada iterasi ke-*k*

$pbest_i^k$: posisi partikel terbaik ke-*i*

Gbest : nilai $pbest$ terbaik dari semua partikel

Bobot inersia (ω), diperkenalkan oleh Shi dan Eberhart, yang digunakan untuk menyeimbangkan eksplorasi global dan eksploitasi lokal. Bobot inersia max memfasilitasi pencarian global, sementara Bobot inersia min memfasilitasi pencarian lokal. Untuk mengurangi bobot selama iterasi memungkinkan algoritma untuk mengeksplorasi beberapa daerah spesifik (Chen, Hui, Ling, dkk., 2011).

Pada setiap iterasi, nilai fungsi inersia di-*update* melalui persamaan (2):

$$\omega = \omega_{max} - \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\text{iter}_{max}} \times \text{iter} \quad \omega = \omega_{max} - \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\text{iter}_{max}} \times \text{iter} \quad (2)$$

dimana :

ω_{max} : Nilai pemberat (inertia) awal

ω_{min} : nilai pemberat (inertia) akhir

iter_{max} : jumlah iterasi maksimum

iter : jumlah iterasi saat itu

Seiring dengan berubahnya kecepatan (Y Fukuyama, 2007), maka terjadi perubahan pula pada posisi partikel di setiap iterasi yang dapat di hitung dengan persamaan (3):

$$x_i^{k+1} = x_i^k + v_i^{k+1} \quad (3)$$

dimana :

x_i^{k+1} : posisi partikel ke-*i* pada iterasi ke-(*k*+1)

x_i^k : posisi partikel ke-*i* pada iterasi ke-*k*

v_i^{k+1} : kecepatan partikel ke-*i* pada iterasi ke-(*k*+1)

Berikut adalah langkah-langkah kerja algoritma yang akan dijelaskan lebih lanjut.

1. Menerima masukan parameter diantaranya parameter untuk menentukan kebutuhan gizi masing-masing anggota keluarga yaitu parameter jumlah anggota keluarga, berat badan, tinggi badan, usia, aktivitas dan jumlah hari. Untuk parameter algoritma *Particle Swarm Optimization* yang dimasukkan adalah ω_{min} , ω_{max} , c_1 , c_2 , IterMax dan JmlPartikel .
2. Proses memulai inialisasi Swarm atau populasi partikel awal.
3. Proses menghitung *fitness* masing-masing partake
4. Proses penentuan Pbest dan Gbest dari setiap iterasi
5. Proses menghitung kecepatan setiap partikel untuk iterasi selanjutnya
6. Proses menghitung posisi partikel untuk iterasi selanjutnya
7. Lalu kembali ke penghitungan *fitness* dan prroses akan berlanjut hingga sampai pada jumlah iterasi maksimum dan jumlah partikel.

b. Representasi Partikel

Representasi partikel pada Tabel 1.dari permasalahan ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Representasi Partikel

Hari Ke- k , dimana $k = \{1, 2, \dots, N\}$																											
Pagi									Siang									Malam									
	KH	PH	PN	SA	SB	B	L	G	S	KH	PH	PN	SA	SB	B	L	G	S	KH	PH	PN	SA	SB	B	L	G	S
X ₁	33	2	37	6	5	44	41	53	5	25	38	36	53	24	18	22	46	26	2	31	41	21	29	32	29	45	29

Keterangan:

1. KH = Karbohidrat
2. PH = Protein Hewani
3. PN = Protein Nabati
4. SA = Sayuran A
5. SB = Sayuran B
6. B = Buah
7. L = Lemak
8. G = Gula
9. S = Susu

Partikel-partikel ini nantinya akan menjadi dasar untuk menentukan kombinasi bahan makanan selama N -hari dengan frekuensi makan setiap harinya sebanyak 3 kali yang setiap kali makannya terdapat 9 jenis bahan makanan sumber zat gizi.

c. Rumus Fitness

Rumus *fitness* pada persamaan (4) yang digunakan agar sesuai dengan permasalahan yang diangkat adalah :

$$f(x) = \frac{1}{\text{Penalti Gizi}} \cdot \text{Const1} + \frac{1}{\text{Harga Total}} \cdot \text{Const2} + \text{Variasi} \quad (4)$$

Keterangan:

Const1 dan Const2 : bilangan untuk menyeimbangkan nilai *fitness*

Penggunaan konstanta *Const* pada persamaan diatas bertujuan agar nilai *fitness* yang dihasilkan bisa seimbang. Jika nilai yang dihasilkan dalam perhitungan variasi berupa angka puluhan, maka akan terjadi ketidakseimbangan jika pembagian penalti gizi dan harga total menghasilkan angka berupa angka desimal. Konstanta *Const* untuk pembagian penalti gizi yaitu 10000000, sedangkan konstanta *Const* untuk pembagian harga total yaitu 100000.

Untuk perhitungan penalti gizi persamaan (5) yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Penalti Gizi} = |\text{Keb. energi} - \text{Kandungan kalori}| + |\text{Keb. karbohidrat} - \text{Kandungan karbohidrat}| + |\text{Keb. protein} - \text{Kandungan protein}| + |\text{Keb. Lemak} - \text{Kandungan Lemak}|$$

Sedangkan untuk tujuan dari penghitungan *variasi* adalah untuk mengetahui banyaknya variasi dari bahan makanan. Jika tidak terjadi duplikasi atau kesamaan bahan makanan dalam satu partikel maka variasi bernilai 1. Namun jika terjadi duplikasi atau kesamaan untuk bahan makanan tersebut dinilai 0.

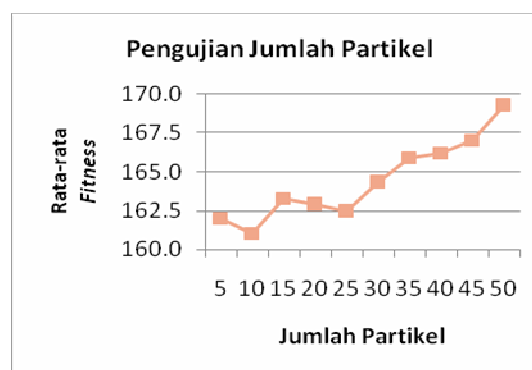
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Pengujian berdasarkan banyaknya partikel

Uji coba jumlah banyaknya partikel bertujuan untuk menentukan jumlah partikel ideal yang akan digunakan dalam sistem untuk mendapatkan hasil solusi terbaik. Untuk pengujian ini jumlah partikel yang digunakan berada dalam range 5 sampai 50 dengan kelipatan 5. Pengujian akan dilakukan sebanyak 10 kali untuk masing-masing jumlah partikel. Untuk detail parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

Siklus Hari (<i>N</i>)	:	7
Nilai ω_{min}	:	0.4
Nilai ω_{max}	:	0.9
Nilai c_1	:	2
Nilai c_2	:	2
Jumlah orang	:	4
Batas angka permutasi	:	1-55

Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin besar jumlah partikel nilai *fitness* yang dihasilkan juga semakin baik. Hal ini dikarenakan besarnya ukuran swarm atau banyaknya partikel memberikan calon solusi yang lebih banyak dan bervariasi sehingga pencarian solusi terbaik dapat dilakukan lebih menyeluruh.



Gambar 1. Grafik Hasil Pengujian Jumlah Partikel

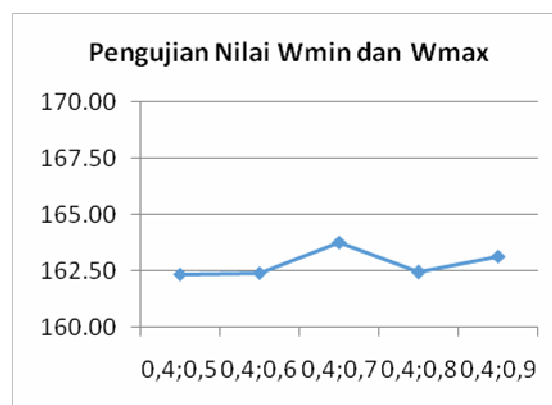
Namun dengan bertambahnya jumlah partikel, waktu komputasi pun juga ikut bertambah. Waktu komputasi yang terlalu lama tentunya akan mempengaruhi kinerja sistem. Maka dari itu dari pengujian ini diambil hasil 15 partikel yang nilainya tidak berselisih terlalu jauh dengan jumlah partikel 20, 25 dan 30 agar menghasilkan *fitness* yang baik tetapi dengan waktu komputasi yang tidak terlalu lama.

2. Uji coba berdasarkan kombinasi nilai ω_{min} dan ω_{max}

Pengujian terhadap kombinasi nilai bobot inersia ω_{min} dan ω_{max} digunakan untuk menentukan nilai kombinasi terbaik dari kedua parameter tersebut yang akan menghasilkan solusi *fitness* terbaik pula. Pengujian akan dilakukan sebanyak 10 kali untuk masing-masing kombinasi partikel. Rentang yang digunakan untuk nilai bobot inersia adalah 0.4-0.9. Untuk detail parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

Siklus Hari (N)	:	7
Jumlah Partikel	:	15
Nilai c_1	:	2
Nilai c_2	:	2
Jumlah orang	:	4
Batas angka permutasi	:	1-55

Dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa nilai *fitness* terbaik didapatkan dari kombinasi nilai ω_{min} dan ω_{max} sebesar 0.4 dan 0.7. Nilai bobot inersia akan mengecil bersamaan dengan bertambahnya iterasi. ω_{min} dan ω_{max} digunakan untuk menghitung nilai ω . Semakin besar rentang selisih nilai ω_{min} dan ω_{max} maka nilai ω juga akan semakin besar. Nilai ω yang besar berdampak pada bertambahnya kecepatan partikel sehingga partikel akan bergerak pesat menuju posisi baru. Jika nilai ω kecil, maka kecepatan partikel akan menurun dan menyebabkan partikel tidak dapat mengeksplorasi *swarm* secara menyeluruh dan terlalu cepat menghasilkan solusi optimal.



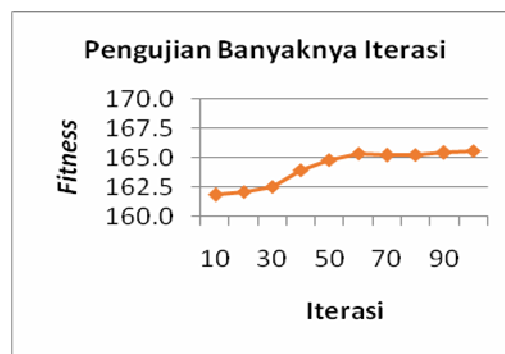
Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian ω_{min} dan ω_{max}

3. Analisis hasil pengujian terhadap banyaknya jumlah iterasi

Uji coba berdasarkan banyaknya iterasi bertujuan untuk mengetahui hubungan antara jumlah iterasi terhadap nilai *fitness*. Nilai yang diujikan adalah bilangan kelipatan 5 mulai 5 hingga 50. Untuk detail parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

- | | | |
|--------------------------|---|------|
| 1. Jumlah Partikel | : | 15 |
| 2. Siklus Hari (N) | : | 7 |
| 3. Nilai ω_{min} | : | 0.4 |
| 4. Nilai ω_{max} | : | 0.7 |
| 5. Nilai c_1 | : | 2 |
| 6. Nilai c_2 | : | 2 |
| 7. Jumlah orang | : | 4 |
| 8. Batas angka permutasi | : | 1-55 |

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin besar jumlah iterasi nilai *fitness* yang dihasilkan juga semakin baik. Hal ini dikarenakan semakin besar jumlah iterasi yang digunakan maka pencarian solusi terbaik akan terus dilakukan sampai mencapai hasil maksimum sehingga pencarian solusi terbaik dapat dilakukan lebih menyeluruh.



Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Banyaknya Iterasi

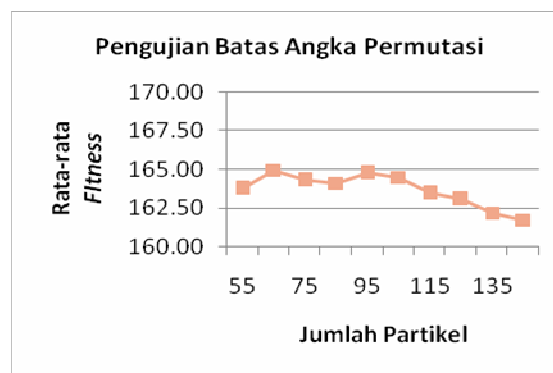
Namun dengan dengan semakin banyaknya jumlah iterasi, perubahan posisi partikel menjadi tidak begitu signifikan pada jumlah iterasi yang terlalu besar sehingga bisa saja muncul solusi yang optimal yang hamper sama dengan jumlah iterasi berbeda. Maka dari itu dari pengujian ini diambil hasil 60 iterasi yang memiliki nilainya *fitness* terbaik dan juga dengan waktu komputasi yang tentunya lebih singkat. Jumlah partikel di atasnya tidak dipilih karena hasil *fitness* yang dihasilkan tidak bernilai terlalu jauh dibanding dengan 60 iterasi dikarenakan tidak ada perubahan posisi partikel yang signifikan.

4. Analisis hasil pengujian terhadap jumlah maksimum iterasi

Uji coba berdasarkan batas angka permutasi bertujuan untuk mengetahui apakah batas atas angka permutasi memiliki pengaruh terhadap nilai *fitness* yang akan dihasilkan. Nilai batas angka permutasi yang diujikan adalah bilangan mulai 55 hingga 145 dengan kelipatan 10. Untuk detail parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

- | | | |
|-------------------------|---|-----|
| 1. Jumlah Partikel | : | 15 |
| 2. Siklus Hari (N) | : | 7 |
| 3. Nilai ω_{min} | : | 0.4 |
| 4. Nilai ω_{max} | : | 0.7 |
| 5. Nilai c_1 | : | 2 |
| 6. Nilai c_2 | : | 2 |
| 7. Jumlah orang | : | 4 |

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin besar batas angka permutasi nilai *fitness* yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini dikarenakan semakin besar batas angka permutasi yang digunakan maka partikel yang dihasilkan akan banyak yang mengandung nilai lebih besar dari jumlah terbanyak bahan makanan dan akan berpengaruh pada saat konversi bahan makanan dan perhitungan variasi.



Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Batas Angka Permutasi

Berdasarkan hasil pengujian ini, maka diambil batas angka permutasi senilai 65 yang tidak terlalu jauh dengan jumlah bahan makanan terbanyak karena memiliki sebaran variasi yang lebih banyak dan memiliki *fitness* paling baik.

5. Analisis Global Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan, didapatkan parameter-parameter yang dianggap optimal sebagai berikut:

- | | | |
|--------------------------|---|------|
| 1. Jumlah Partikel | : | 15 |
| 2. Nilai ω_{min} | : | 0.4 |
| 3. Nilai ω_{max} | : | 0.7 |
| 4. Nilai C_1 | : | 2 |
| 5. Nilai C_2 | : | 2 |
| 6. Batas Angka Permutasi | : | 1-65 |

Parameter-parameter ini selanjutnya akan diujikan pada data keluarga aktual yang dihimpun melalui kuesioner. Pada Tabel 2 ditampilkan data keluarga yang telah dihimpun melalui kuesioner.

Tabel 2. Data Keluarga Berdasarkan Kuesioner

Keluarga Ke -	Nama	Jenis Kelamin	Usia	Tinggi Badan	Berat Badan	Pekerjaan
1	Nenek	P	77	155	55	IRT
	Ibu	P	55	150	50	Guru
	Anak 1	L	29	165	63	Wiraswasta
	Anak 2	P	22	150	46	Mahasiswa
2	Ayah	L	51	173	78	PNS
	Ibu	P	50	170	72	Dosen
	Anak 1	P	21	155	52	Mahasiswa
	Anak 2	P	18	163	75	Mahasiswa

Pada Tabel 3 ditunjukkan data konsumsi keluarga beserta biaya dalam satu hari.

Tabel 3. Data Konsumsi Keluarga Beserta Biaya dalam Satu Hari.

Keluarga Ke -	Biaya Konsumsi Sehari (Rp.)	Jumlah Lauk Hewani	Jumlah Lauk Nabati	Sayuran	Buah	Susu
1	75000	2	2	3	2-3 hari sekali	memiliki lansia namun tidak mengkonsumsi susu
2	250000	2	3	3	2-3 hari sekali	memiliki lansia namun tidak mengkonsumsi susu

Pada Tabel 4 ditunjukkan kebutuhan gizi keluarga aktual dari Tabel 3.

Tabel 4. Kebutuhan Gizi Keluarga Aktual

Keluarga Ke -	Nama (kkal)	Energi (gr)	Karbohidrat (gr)	Protein (gr)	Lemak (gr)
1	Nenek	1623.315	223.206	60.874	54.111
	Ibu	1867.45	256.774	70.029	62.248
	Anak1	2629.88	361.609	98.62	87.663
	Anak2	2219.86	305.231	83.245	73.995
2	Ayah	2610.59	358.956	97.897	87.02
	Ibu	2262.36	311.074	84.838	75.412
	Anak1	2227.85	306.329	83.544	74.262
	Anak2	2939.804	347.102	79.793	79.793

Berdasarkan bahan makanan yang direkomendasikan sistem, pada Tabel 6 didapat selisih kandungan gizi dalam setiap bahan makanan yang direkomendasikan sistem dengan kebutuhan gizi aktual keluarga seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kandungan Gizi Makanan Hasil Rekomendasi Sistem

Keluarga Ke -	Nama (kkal)	Energi (gr)	Karbohidrat (gr)	Protein (gr)	Lemak (gr)
1	Nenek	1705.155	234.458	63.943	56.838
	ibu	1949.05	267.994	73.089	64.968
	anak1	2738.383	376.527	102.689	91.279
	anak2	2147.439	295.272	80.528	71.581
2	ayah	2907.168	399.735	109.018	96.905
	ibu	2247.059	308.97	84.264	74.901
	anak1	2268.65	311.939	85.074	75.621
	anak2	2692.46	390.406	80.773	89.748

Tabel 6. Selisih Kebutuhan Gizi Keluarga dengan Kandungan Gizi Makanan Hasil Rekomendasi Sistem

Keluarga Ke -	Nama	Selisih Energi (kkal)	Selisih Karbohidrat (gr)	Selisih Protein (gr)	Selisih Lemak (gr)
1	nenek	81.84 (5%)	11.252 (5%)	3.069 (5%)	2.727 (5%)
	ibu	81.6 (4.3%)	11.22 (4.36%)	3.06 (4.3%)	2.72 (4.3%)
	anak1	108.503 (4.1%)	14.918 (4.1%)	4.069 (4.6%)	3.616 (4.1%)
	anak2	-72.421 (-3.2%)	-9.959 (-3.2%)	-2.717 (-3.2%)	-2.414 (-3.2%)
Rata-Rata Selisih		49.880 (4.08%)	6.857 (2.5%)	1.870 (2.6%)	6.649 (2.5%)
2	ayah	296.578 (11.3%)	40.779 (11.3%)	11.121 (11%)	9.885 (11%)
	ibu	-15.301 (-0.7%)	-2.104 (-0.6%)	-0.574 (-0.6%)	-0.511 (-0.6%)
	anak1	40.8 (1.8%)	5.61 (1.8%)	1.53 (1.8%)	1.359 (1.8%)
	anak2	-247.344 (-8.4%)	43.304 (12.4%)	0.98 (1.2%)	9.955 (12.4%)
Rata-Rata Selisih		18.683 (4%)	21.897 (6.2%)	3.287 (3.35%)	5.172 (6.1%)

Pada Tabel 6 rata-rata selisih dihitung berdasarkan rata-rata selisih kebutuhan gizi aktual anggota keluarga. Berdasarkan Tabel 6, untuk keluarga ke-1 rata-rata selisih energi 4.08%, rata-rata selisih karbohidrat 2,5%, rata-rata selisih protein 2.6%, dan rata-rata selisih lemak 2.5%, dan untuk keluarga ke-2, rata-rata selisih energi 4%, rata-rata selisih karbohidrat 6.2%, rata-rata selisih protein -3.35%, dan rata-rata selisih lemak 6.1%. Menurut pakar, batas toleransi selisih kebutuhan gizi dengan kandungan gizi yang dikonsumsi adalah $\pm 10\%$. Sehingga pada keluarga ke-1 dan keluarga ke-2 kandungan energi, karbohidrat, dan protein masih memenuhi standar pakar. Namun hal ini bisa berubah. Adanya kandungan gizi yang tidak memenuhi standar pakar bisa saja terjadi dikarenakan luasnya ruang pencarian. Seperti yang disebutkan di atas, bahan makanan yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 178 dan algoritma yang digunakan bersifat stokastik, sehingga proses inialisasi solusi awal yang dilakukan kemungkinan masih jauh dari solusi terbaik.

Berdasarkan bahan makanan yang direkomendasikan sistem, didapat selisih kandungan gizi dalam setiap bahan makanan yang direkomendasikan sistem dengan kebutuhan gizi aktual keluarga untuk keluarga ke-1 rata-rata selisih energi 4.08%, rata-rata selisih karbohidrat 2,5%, rata-rata selisih protein 2.6%, dan rata-rata selisih lemak 2.5%, dan untuk keluarga ke-2, rata-rata selisih energi 4%, rata-rata selisih karbohidrat 6.2%, rata-rata selisih protein -3.35%, dan rata-rata selisih lemak 6.1%. Menurut pakar, batas toleransi selisih kebutuhan gizi dengan kandungan gizi yang dikonsumsi adalah $\pm 10\%$. Sehingga pada keluarga ke-1 dan keluarga ke-2 kandungan energi, karbohidrat, dan protein masih memenuhi standar pakar. Adanya kandungan gizi yang tidak memenuhi standar pakar bisa saja terjadi dikarenakan luasnya ruang pencarian. Seperti yang disebutkan di atas, bahan makanan yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 178 dan algoritma yang digunakan bersifat stokastik, sehingga proses inialisasi solusi awal yang dilakukan kemungkinan masih jauh dari solusi terbaik.

Tabel 7. Biaya Konsumsi dan Variasi Makanan Sehari Hasil Sistem

Keluarga ke -	biaya satu hari (Rp)	Jumlah lauk hewani	Jumlah lauk nabati	jumlah sayuran	buah	susu
1	68228	2	2	3	setiap hari	ya untuk usia > 49 tahun
2	75981	3	3	3	setiap hari	ya untuk usia > 49 tahun

Untuk keluarga ke-1, berdasarkan Tabel 7, biaya konsumsi sehari dapat dihemat sebesar Rp 6771.99 atau 9.02% dengan variasi lauk hewani yang lebih banyak serta adanya buah-buahan setiap hari dan susu untuk anggota keluarga berusia di atas 49 tahun. Sedangkan untuk keluarga ke-2, biaya konsumsi sehari hasil rekomendasi sistem dapat menghemat sebesar Rp 174018.24 atau 69.6% dengan buah-buahan yang tersedia setiap hari dan juga susu untuk anggota keluarga di atas 49 tahun. Rata-rata penghematan biaya konsumsi sehari yang diperoleh dari pengujian terhadap kedua keluarga adalah sebesar 39.31%.

KESIMPULAN

Berdasarkan tahapan-tahapan penelitian yaitu perancangan, implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan algoritma *particle swarm optimization* dalam penyelesaian permasalahan Optimasi Pemenuhan Kebutuhan Gizi Keluarga, dilakukan sebagaimana alur kerja umum dari algoritma tersebut. Dengan representasi partikel berisi angka *random* dari 1-55 yang dinormalisasi menjadi indeks bahan makanan dan faktor yang dipertimbangkan dalam perhitungan nilai *fitness* adalah kebutuhan gizi yang tercukupi, harga makanan minimum dan variasi makanan yang banyak. Parameter algoritma Particle swarm optimization yang tepat adalah jumlah partikel sebanyak 35, ω_{min} sebesar 0.4, ω_{max}
2. Keluaran dari implementasi algoritma *Particle swarm optimization* untuk pemenuhan gizi keluarga adalah rekomendasi susunan bahan makanan untuk jangka waktu 7 hari dengan frekuensi makan 3 kali sehari. Kualitas solusi yang dihasilkan diukur dari nilai *fitness* dari masing-masing partikel. Semakin tinggi nilai *fitness* maka semakin baik pula kualitas solusi yang dihasilkan dan sebaliknya. Dalam penyelesaian kasus aktual pada dua keluarga, rekomendasi susunan bahan makanan yang dihasilkan, dapat menghemat biaya konsumsi keluarga tersebut rata-rata sebesar 39.31% dengan variasi makanan yang lebih beragam. Sedangkan kandungan gizi yang dihasilkan masih dalam batas toleransi dan dapat mencukupi kebutuhan energi, karbohidrat, lemak dan protein. Dari pengujian penyelesaian kasus aktual, diketahui bahwa hasil rekomendasi dari sistem mampu memenuhi kebutuhan gizi keluarga dengan selisih yang masih berada dalam toleransi selisih kebutuhan gizi yaitu $\pm 10\%$ dan juga dapat menghemat pengeluaran untuk konsumsi sebesar 39.31%.

DAFTAR PUSTAKA

- I Dewa Nyoman Supriasa, 2001, *Penilaian Status Gizi*
- Permenkes, 2014, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 2014 Tentang Pedoman Gizi Seimbang*
- Sunita Almatsier, 2009, *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*
- E.P. & M., Z.Z. Kurniawan, 2010, *Fuzzy Membership Function Generation Using Particle Swarm Optimization: International Journal Open Problems Computation Math*, No 3
- Maickel Tuegeh, Soeprijanto, and Mauridhi H. Purnomo, 2009, *Modified Improved Particle Swarm Optimization For Optimal*, Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi
- Novitasari D., Cholissodin I., Mahmudy W.F., 2016, *Hybridizing PSO With SA for Optimizing SVR Applied to Software Effort Estimation*, TELKOMNIKA, Vol.14, No.1, March 2016, pp. 245~253
- R.L., Haupt, S.E Haupt, 2004, *Practical Genetic Algorithm*, Second Edition.: Wiley
- N., Boukadoum, M. & Proulx, R. Nouaouria, 2013, *Particle Swarm Classification : A Survey and Positioning: Pattern Recognition*, Vol 46
- J. Blondin, 2009, *Particle Swarm Optimization : A Tutorial*, pp. 1-5

- Y Fukuyama, 2007, *Fundamentals of Particle Swarm Optimization Techniques*:
K.Y. Lee & M.A. El-Sharkawi, John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, NJ,
USA
- Chen, Hui, Ling, dkk. 2011, *An Adaptive Fuzzy K-Nearest Neighbor Method
Based on Parallel Particle Swarm Optimization for Bankruptcy Prediction*,
Part 1 LNAI 6634 Page 249-264, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.