

IMPLEMENTASI ALGORITMA PARTICLE SWARM OPTIMIZATION UNTUK OPTIMASI PEMENUHAN KEBUTUHAN GIZI KELUARGA

Felia Eliantara¹⁾, Imam Cholissodin, S.Si., M.Kom²⁾, Indriati, S.T, M.Kom³⁾

Program Studi Teknik Informatika

Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer

Universitas Brawijaya, Malang 65145, Indonesia

email : feliantara[at]gmail.com¹⁾, imamcs[at]ub.ac.id²⁾, indriati.tif[at]ub.ac.id³⁾

Abstrak

Makanan sehari-hari yang dikombinasikan dengan baik berfungsi sebagai asupan gizi yang bermanfaat banyak seperti memberi energi, membantu pertumbuhan dan 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. Faktor-faktor seperti usia, jenis kelamin, berat badan, tinggi badan, dan aktivitas adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan asupan gizi masing-masing individu,. Sebagai contoh seorang laki-laki dewasa dengan aktivitas yang memerlukan banyak tenaga tentunya memerlukan jumlah energi yang berbeda dengan anak kecil yang masih duduk di bangku sekolah dasar. Maka dari itu dibutuhkan takaran bahan makanan yang tepat untuk memenuhi dengan kebutuhan gizi setiap orang. Dalam hal ini, aspek teknologi dapat membantu memberikan solusi yaitu rekomendasi kombinasi optimal bahan pangan yang dapat memenuhi kebutuhan gizi, tidak hanya satu orang tetapi kombinasi bahan makanan untuk memenuhi kebutuhan satu keluarga. Untuk sistem rekomendasi optimasi kombinasi bahan makanan ini telah banyak penelitian terdahulu seperti penelitian mengenai optimasi komposisi makanan bagi penderita diabetes mellitus dengan menggunakan algoritma genetika, juga yang serupa yaitu implementasi metode yang sama yaitu algoritma genetika untuk optimasi kebutuhan gizi. Pada penelitian ini akan dilakukan optimasi Pemenuhan Kebutuhan gizi keluarga dengan rekomendasi kombinasi bahan makanan. Untuk proses optimasi pada penelitian ini, algoritma yang digunakan adalah algoritma Particle Swarm Optimization (PSO). Kelebihan dari algoritma PSO sendiri yaitu, algoritma ini memiliki konsep sederhana, dapat diimplementasikan dengan mudah, dan lebih efisien dalam perhitungan dibandingkan dengan algoritma matematika dan teknik optimisasi heuristik lainnya.

Kata Kunci : Gizi, bahan makanan, keluarga, makanan sehat, optimasi, PSO, Particle Swarm Optimization.

Abstract

Good combination of daily meal that contains good nutrition to function as useful as giving a lot of energy, helps the growth and maintenance of body tissues and helps the course of the processes occurring in the body. It is of course also a major influence on human physical activity daily. When nutrition is not fulfilled then the most likely activity will be disrupted. Each person must have different nutritional needs related to factors that affect nutrition needs of each individual, factors such as age, sex, weight, height, and activity. For example, an adult male with activities that require a lot of energy would require different amounts of energy with small children who are still in elementary school. Thus the required proper dose of the foods to meet the nutritional needs of each person. In this case, the aspect of technology can help provide a solution, that is on the optimal combination of food that can meet the nutritional needs, not just one person but the combination of food to meet the needs of a family. For system optimization recommendations combinations of these foods have a lot of previous studies such as research on the optimization of the composition of foods for people with diabetes mellitus using a genetic algorithm, also similar, namely the implementation of the same method that is a genetic algorithm for optimization of nutritional needs. This research will be optimized Meeting the Needs of family nutrition combined with recommendations groceries. For process optimization in this study, the algorithm is an algorithm digunakan Particle Swarm Optimization (PSO). The advantages of PSO algorithm itself is, this algorithm has a simple concept, it can be implemented easily, and more efficiently in the calculation compared with a mathematical algorithm and other heuristic optimization techniques.

Keyword : Nutrition, food, family, healthy food, optimization, PSO, Particle Swarm Optimization.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kebutuhan asupan gizi adalah hal yang penting dalam kehidupan sehari-hari. Pendekatan medis dan pelayanan kesehatan saja tidak cukup untuk menanggulangi masalah gizi karena

penyebab permasalahan gizi sendiri terdiri dari banyak faktor seperti pertanian, sosial, ekonomi dan budaya.

Dalam ilmu gizi, istihan Angka Kecukupan Gizi (AKG) sebagai acuan penentu kecukupan gizi. Angka Kecukupan Gizi dapat di dasarkan dengan

patokan berat badan, kelompok umur, gender, aktifitas fisik dan kondisi fisiologis tubuh tertentu seperti contohnya kehamilan dan menyusui. Setiap orang tentunya memiliki kebutuhan gizi yang berbeda berkaitan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan asupan gizi masing-masing individu, faktor-faktor seperti usia, jenis kelamin, berat badan, tinggi badan, dan aktivitas. Sebagai contoh seorang laki-laki dewasa dengan aktivitas yang memerlukan banyak tenaga tentunya memerlukan jumlah energi yang berbeda dengan anak kecil yang masih duduk di bangku sekolah dasar. Maka dari itu dibutuhkan takaran bahan makanan yang tepat untuk memenuhi dengan kebutuhan gizi setiap orang.

Untuk mencukupi kebutuhan gizi, manusia harus mengonsumsi makanan sehat. Makanan sehat didefinisikan sebagai 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 [1].

Aspek teknologi dapat membantu memberikan solusi yaitu rekomendasi kombinasi optimal bahan pangan yang dapat memenuhi kebutuhan gizi, tidak hanya satu orang tetapi kombinasi bahan makanan untuk memenuhi kebutuhan satu keluarga.

Untuk sistem rekomendasi optimasi kombinasi bahan makanan ini telah banyak penelitian terdahulu seperti hal nya Rianawati & Mahmudy (2015) yang melakukan penelitian mengenai optimasi komposisi makanan bagi penderita diabetes mellitus dengan menggunakan algoritma genetika, juga Pratiwi dkk (2014) yang melakukan serupayaitu implementasi metode yang sama yaitu algoritma genetika untuk optimasi kebutuhan gizi. Sedangkan Afandi dkk (2014), melakukan penelitian dalam membangun sistem pendukung keputusan pemilihan menu makanan sehat dan bergizi menggunakan metode K-Nearest Neighbor.

Pada penelitian ini akan dilakukan optimasi Pemenuhan Kebutuhan gizi keluarga dengan rekomendasi kombinasi bahan makanan. Untuk proses optimasi pada penelitian ini, algoritma yang digunakan adalah algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO).

Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) pertama kali diperkenalkan oleh Kennedy dan Eberhard pada 1995. 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 [2]. Kelebihan dari algoritma PSO sendiri yaitu, algoritma ini memiliki konsep sederhana,

dapat diimplementasikan dengan mudah, dan lebih efisien dalam perhitungan dibandingkan dengan algoritma matematika dan teknik optimisasi heuristik lainnya. [3]

Dari berbagai hal yang telah dijabarkan diatas, maka penulis melakukan penelitian dengan judul "Implementasi Algoritma *Particle Swarm Optimization* dalam Optimasi Pemenuhan Kebutuhan Gizi

1.2 Rumusan masalah

Dari latar belakang yang telah dijabarkan pada bagian sebelumnya, berikut akan dirumuskan beberapa permasalahan yang akan dibahas yaitu:

1. Bagaimana menerapkan algoritma *Particle Swarm Optimization* dalam Optimasi Pemenuhan Kebutuhan Gizi Keluarga ?
2. Bagaimana hasil rekomendasi yang didapat dari hasil optimasi pemenuhan kebutuhan gizi keluarga menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization*?

1.3 Tujuan

Berdasarkan dengan permasalahan yang sudah dirumuskan diatas, tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Menerapkan algoritma *Particle Swarm Optimization* dalam Optimasi Pemenuhan Kebutuhan Gizi Keluarga.
2. Mengetahui hasil rekomendasi yang didapat dari hasil optimasi menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization*.

1.4 Batasan masalah

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan yang telah dijabarkan, berikut adalah beberapa batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini:

3. Algoritma yang digunakan adalah *Particle Swarm Optimization*
4. Penelitian dikhususkan hanya untuk keluarga sehat yang tidak menderita penyakit apapun atau mempunyai riwayat penyakit turunan.
5. Asupan gizi yang direkomendasikan dibatasi pada rekomendasi presentase karbohidrat, protein, lemak dan energi
6. Hasil output yang diharapkan adalah rekomendasi bahan makanan yang bisa dikonsumsi satu keluarga untuk memenuhi kebutuhan gizi dalam jangka waktu satu minggu.

2. DASAR TEORI

2.1 Makanan Sehat dan Gizi

Makanan sehat didefinisikan sebagai 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 [4]

Pola 4 sehat 5 sempurna pada umumnya terdiri dari kombinasi makanan berikut:

7. Makanan pokok untuk memberikan rasa kenyang, seperti nasi, jagung, ubi, singkong atau hasil olahan tepung seperti mie dan bahan lainnya.
8. Lauk pauk yang terdiri dari lauk hewani dan nabati. Lauk hewani seperti daging, ayam, ikan, kerang dan telur sedangkan lauk nabati seperti kacang kedelai, kacang hijau, tahu dan tempe
9. Sayur mayor seperti daun-daunan, umbi-umbian, kacang-kacangan dan sebagainya.
10. Buah sebagai pencuci mulut seperti pepaya, pisang, jeruk dan sebagainya
11. Susu atau bahan olahan susu yang diajurkan untuk golongan Partikel yang membutuhkan asupan protein lebih banyak seperti balita, ibu hamil dan ibu menyusui.

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. Tidak semua nutrisi yang terkandung pada makanan diperlukan tubuh. Nutrisi yang tidak diperlukan tubuh akan dikeluarkan kembali untuk mempertahankan kehidupan dan fungsi normal organ-organ dalam tubuh. Besar nutrisi yang diperlukan setiap orang berbeda-beda, apabila seseorang kekurangan atau kelebihan gizi akan berpengaruh pada kesehatan tubuh seseorang tersebut [4]

Masalah gizi di Indonesia maupun di negara berkembang lainnya masih didominasi oleh masalah kekurangan zat-zat gizi seperti protein, besi, yodium dan vitamin, sedangkan yang terjadi di kota-kota besar Negara berkembang didominasi oleh masalah kelebihan zat gizi atau obesitas. [5]. Padahal, makanan sehari-hari yang dikombinasikan dengan baik berfungsi sebagai asupan gizi yang bermanfaat banyak seperti memberi energi, membantu pertumbuhan dan 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.

Karena hal-hal diatas, kebutuhan asupan gizi adalah hal yang penting dalam kehidupan sehari-hari, pendekatan medis dan pelayanan kesehatan saja tidak cukup untuk menanggulangi masalah gizi karena penyebab permasalahan gizi sendiri terdiri dari banyak faktor seperti pertanian, sosial, ekonomi dan budaya.

2.2 Angka Kecukupan Gizi (AKG)

Angka Kecukupan Gizi (AKG) di artikan sebagai tingkat konsumsi zat gizi esensial yang dinilai cukup untuk memenuhi kebutuhan mayoritas orang sehat, Berbeda dengan Angka Kebutuhan Gizi yang merupakan jumlah minimal zat-zat gizi yang diperlukan oleh seseorang untuk mempertahankan status gizi adekuat. Angka Kecukupan Gizi dapat di dasarkan dengan patokan berat badan, kelompok umur, gender, aktifitas fisik dan kondisi fisiologis tubuh tertentu seperti contohnya kehamilan dan menyusui. [1]

Kegunaan AKG antara lain:

1. Acuan dalam menilai kecukupan gizi
2. Acuan dalam menyusun makanan sehari-hari termasuk perencanaan makanan di institusi.
3. Acuan perhitungan dalam perencanaan penyediaan pangan tingkat regional maupun nasional.
4. Acuan pendidikan gizi
5. Acuan label pangan mencantumkan nilai informasi gizi. [6]

2.3 Indeks Massa Tubuh (IMT)

Indeks Massa Tubuh (IMT) adalah cara sederhana untuk memantau status gizi untuk kekurangan dan kelebihan konsumsi gizi dan dalam rangka mencapai angka harapan hidup lebih panjang. IMT digunakan untuk menyatakan batasan berat badan orang dewasa normal sejak tahun 1895 oleh WHO dengan nama *Body Mass Index* (BMI) [5].

Dengan IMT akan diketahui apakah berat badan seseorang dinyatakan normal, kurus atau gemuk. Penggunaan IMT hanya untuk orang dewasa berumur > 18 tahun dan tidak dapat diterapkan pada bayi, anak, remaja, ibu hamil, dan olahragawan.

[7]

Rumus perhitungan IMT:

$$IMT = \frac{\text{Berat badan (Kg)}}{\text{Tinggi Badan(m)} \times \text{Tinggi Badan(m)}} \quad 2-1$$

Hasil perhitungan IMT selanjutnya dibandingkan dengan tabel ambang batas yang ditentukan oleh Departemen Kesehatan Indonesia. Batas ambang IMT ditentukan dengan merujuk ketentuan FAO/WHO, yang membedakan batas ambang untuk laki-laki dan perempuan. Disebutkan bahwa batas ambang normal untuk laki-laki adalah: 20,1–25,0; dan untuk perempuan adalah : 18,7-23,8. Untuk kepentingan pemantauan dan tingkat defisiensi kalori ataupun tingkat kegemukan, lebih lanjut FAO/WHO menyarankan menggunakan satu batas ambang antara laki-laki dan perempuan.

Ketentuan yang digunakan adalah menggunakan ambang batas laki-laki untuk kategori kurus tingkat berat dan menggunakan

ambang batas pada perempuan untuk kategorigemuk tingkat berat. Untuk kepentingan Indonesia, batas ambang dimodifikasi lagi berdasarkan pengalaman klinis dan hasil penelitian di beberapa negara berkembang. Pada akhirnya diambil kesimpulan, batas ambang IMT untuk Indonesia ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut :

Kategori	Keterangan	IMT
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat	< 17,0
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat ringan	<17,5 – 18,5
Normal	-	18,5 – 25,0
Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat ringan	25,0 – 27,0
Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat berat	> 27,0

Tabel 2. 1 Tabel Batas Ambang Indeks Massa Tubuh (IMT)

2.4 Angka Metabolisme Basal (AMB)

Angka metabolisme tubuh (AMB) adalah kebutuhan energi minimal yang diperlukan tubuh untuk melakukan proses dalam tubuh. AMB dinyatakan dalam kilokalori per kilogram berat badan per jam. Faktor-faktor yang mempengaruhi AMB adalah sebagai berikut [4]:

- Ukuran tubuh

Perbedaan ukuran tubuh menyebabkan perbedaan hasil AMB. Setiap perbedaan 10 kg mempunyai perbedaan AMB sekitar 120 kkal per hari.

- Jenis kelamin

Perempuan mempunyai lebih banyak jaringan lemak dan lebih sedikit otot daripada laki-laki sehingga AMB perempuan lebih rendah 5% dari laki-laki.

- Umur

AMB tinggi dimiliki bayi baru lahir dan meningkat hingga usia 2 tahun, kemudian menurun hingga mengalami peningkatan saat usia remaja. AMB turun setiap 10 tahun dengan prosentasi penurunan sebesar 2% setelah umur 30 tahun.

- Tidur

Saat tidur, AMB mengalami penurunan sekitar 10%

- Suhu tubuh

Setiap kenaikan suhu tubuh sebesar 1°C maka terjadi kenaikan IMB sebesar 13%

- Status gizi

Keadaan gizi kurang menurunkan AMB sebesar 20%.

Cara menentukan AMB dengan menggunakan Rumus Harris Benedict (199) dijelaskan dengan Persamaan 2-3 dan Persamaan 2-4 berikut ini [8]:

- Laki-laki

$$IMB = 66 + (13,7 \times BB) + (5 \times TB - (6,8 \times U)) \quad 2-3$$

- Perempuan

$$IMB = 655 + (9,6 \times BB) + (1,8 \times TB) - (4,7 \times U) \quad 2-4$$

Keterangan:

IMB = Indeks Massa Basal

BB = Berat Badan

TB = Tinggi Badan

U = Umur

2.5 Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik atau *Physical Activity* (PA) mempengaruhi kebutuhan energi yang dibutuhkan sehari-hari karena menggunakan otot sebagai penunjang gerakannya. Lama dan tingkat berat aktivitas juga mempengaruhi kebutuhan energi yang diperlukan seseorang per hari [4].

Menurut Departemen Kesehatan RI, aktivitas fisik dikelompokkan menjadi 3 yaitu ringan, sedang dan berat. Sedangkan faktor aktivitas antara laki-laki dan perempuan juga berbeda. Berikut merupakan penjelasan dari kelompok aktivitas fisik menurut Depkes RI ditunjukkan dengan Tabel 2.2.

Tabel 2.3 Tabel Aktivitas Fisik

Sumber : Depkes RI

Kelompok Aktivitas	Jenis Kegiatan	Jenis Kelamin	Faktor Aktivitas
Ringan	75% dari waktu untuk berdiri atau duduk. 25% untuk kegiatan berdiri dan berpindah	Laki-laki	1,58
		Perempuan	1,45
Sedang	25% waktu untuk duduk atau berdiri. 75% waktu untuk kegiatan kerja	Laki-laki	1,67
		Perempuan	1,55
Berat	40% waktu untuk duduk dan berdiri. 60% waktu untuk kegiatan kerja	Laki-laki	1,88
		Perempuan	1,75

2.6 Zat Gizi

Untuk menjalankan fungsinya Zat gizi merupakan senyawa yang dibutuhkan oleh tubuh.

Fungsi dari zat gizi antara lain 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 kandungan gizinya. Kekurangan konsumsi zat gizi menyebabkan berbagai penyakit seperti busung lapar, sedangkan kelebihan gizi menyebabkan kegemukan atau obesitas.

2.6.1 Karbohidrat

Karbohidrat berperan penting sebagai sumber energy utama bagi makhluk hidup, lebih tepatnya bagi manusia dan hewan. Sumber karbohidrat semua berasal dari tumbuhan melalui proses fotosintesis, klorofil dari tanaman dapat membentuk karbohidrat dari karbon dioksida(CO_2) yang berasal dari udara dan air(H_2O) yang berasal dari tanah. Karbohidrat yang dihasilkan adalah karbohidrat sederhana glukosa. Di Negara-negara berkembang sekitar 80% energy berasal dari makanan yang mengandung karbohidrat. Nilai energi dari karbohidrat adalah 4 kkal per gram. [1].

Karbohidrat diklasifikasikan dalam dua golongan yaitu karbohidrat sederhana dan karbohidrat kompleks. Dalam satu molekulnya karbohidrat kompleks memiliki lebih dari dua unit gula sederhana.

Karbohidrat sederhana terdiri atas:

1. Monosakarida
2. Disakarida
3. Gula alcohol
4. Oligosakarida

Karbohidrat kompleks terdiri atas:

1. Polisakarida
2. Serat / Polisakarida non pati

2.6.2 Lemak

Lemak nutrient kedua yang digunakan tubuh sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energy. [9] Kategori lemak terbagi menjadi dua, yaitu berdasarkan sumbernya dan berdasarkan wujud. Lemak berdasarkan sumber terdiri dari lemak nabati (lemak yang terkandung dalam tumbuh-tumbuhan seperti kacang-kacangan) dan lemak hewani (lemak yang berasal dari hewan yang mengandung vitamin A dan D). Sedangkan berdasarkan wujudnya terbagi menjadi lemak padat dan cair.

Lemak mempunyai fungsi penting bagi tubuh, antara lain:

1. Sumber energi
2. Sumber asam lemak esensial
3. Alat angkut vitamin larut lemak
4. Menghemat protein
5. Pemberi rasa kenyang
6. Sebagai pelumas
7. Memelihara suhu tubuh
8. Pelindung organ tubuh

Sumber utama lemak adalah minyak tumbuh-tumbuhan (minyak kelapa, kelapa sawit, kacang tanah, kacang kedelai, jagung), mentega, margarin, daging, dan ayam. Sumber lemak lain antara lain kacang-kacangan, biji-bijian, krim, susu, keju, kuning telur, dan masakan yang menggunakan minyak.

Kekurangan konsumsi lemak menyebabkan gangguan pada syaraf dan penglihatan, menghambat pertumbuhan bayi dan anak-anak, gagalnya proses reproduksi, serta gangguan pada organ tubuh seperti hati dan ginjal. Kelebihan konsumsi lemak dapat menyebabkan obesitas serta peningkatan kolesterol di dalam tubuh yang memicu timbulnya penyakit berbahaya

2.6.3 Protein

Protein memegang peranan penting dalam melaksanakan fungsi fisiologi yang penting. Protein terbentuk dari berbagai asam amino yang terangkai dalam ikatan peptide. Berdasarkan fungsinya, protein dibagi dari tiga kelompok yaitu protein lengkap, protein setengah lengkap dan protein tidak lengkap.

Protein lengkap berfungsi untuk pertumbuhan, penggantian jaringan tubuh yang rusak juga untuk keperluan lain seperti pembentukan enzim, hormone, antibody serta energi jika perlu. Contoh bahan makanan yang merupakan protein lengkap adalah telur dan susu, kedua bahan makanan ini mengandung seluruh asam amino esensial yang mencukupi kebutuhan bagi pertumbuhan.

Protein setengah juga memiliki fungsi yang sama seperti protein lengkap kecuali fungsi pertumbuhan karena tidak memiliki kandungan asam amino yang cukup untuk pembentukan jaringan tubuh yang baru. Contoh dari protein setengah lengkap adalah sumber protein hewani selain telur dan susu, seperti daging, ikan dan ayam.

Protein tidak lengkap yang umumnya bersumber dari bahan makanan nabati seperti kacang-kacangan dan sayur sayuran tidak dapat digunakan untuk pertumbuhan dan perbaikan jaringan yang rusak. Maka dari itu harus dikombinasikan dengan bahan makanan yang memiliki kandungan protein lebih lengkap. [9]

Protein memiliki delapan kategori fungsi yaitu :

1. Membangun jaringan tubuh yang baru
2. Memperbaiki jaringan tubuh

3. Menghasilkan senyawa esensial
4. Mengatur tekanan osmotik
5. Mengatur keseimbangan cairan elektrolit dan asam basa
6. Menghasilkan mekanisme transportasi
7. Menghasilkan pertahanan tubuh
8. Menghasilkan energy

Satu gram protein menghasilkan energy sebanyak 4 kkal atau 16 kJ bila dioksidasi sebagai bahan bakar.

2.6.4 Energi

Energi atau kalori merupakan kemampuan seseorang untuk melakukan suatu aktivitas fisik sehari-hari. Energi dapat diperoleh dari konsumsi makanan yang mengandung karbohidrat, lemak, dan protein. Komposisi makanan mempunyai kandungan kalori yang berbeda-beda, tergantung jenis dan berat dari makanan itu sendiri. Energi sangat penting bagi tubuh karena sel dalam tubuh selalu melakukan aktivitas secara terus-menerus seperti membuat senyawa, menjalankan kerja mekanik dalam pergerakan, melakukan transportasi senyawa ke dalam seluruh tubuh, dan menghasilkan panas

Kebutuhan energi menurut WHO adalah konsumsi energi yang berasal dari makanan yang diperlukan seseorang untuk melakukan aktivitas dilihat dari jumlah energi yang dikeluarkan tubuh, ukuran tubuh, serta jenis aktivitas yang dilakukan. Kebutuhan energi pada anak-anak digunakan untuk pembentukan jaringan, ibu hamil dan menyusui digunakan untuk sekresi ASI. Sedangkan untuk orang dewasa, kebutuhan energi digunakan untuk metabolisme basal, aktivitas fisik, dan pengaruh dinamik khusus (SDA). Komponen SDA merupakan komponen sampingan sehingga dapat diabaikan [1]

Ada dua hal yang diperlukan dalam perhitungan energy total yang diperlukan, yaitu Angka Metabolisme Basal (AMB) dan aktifitas Fisik.

2.7 Optimasi

Optimasi adalah usaha untuk memperoleh kondisi terbaik untuk suatu masalah (Dorigo, M., dan Stutzle, T., 2004). Bidang rekayasa atau engineering merupakan bidang ilmu yang senantiasa dihadapkan pada masalah optimasi dalam melakukan perancangan maupun dalam penyelesaian masalah.

Masalah yang dihadapi biasanya dinyatakan dalam bentuk suatu fungsi objektif atau fungsi biaya (cost function) yang nilainya dipengaruhi oleh beberapa parameter atau variabel. Masalah optimasi dikaitkan dengan batasan, yaitu kondisi yang harus dipenuhi oleh semua variabel.

2.8 Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)

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 [10].

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 [3].

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 [2].

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. [11]

Beberapa istilah umum yang biasa digunakan dalam Optimisasi Particle Swarm dapat didefinisikan sebagai berikut :

1. Swarm : populasi dari suatu algoritma.
2. Particle: anggota (Partikel) pada suatu swarm. Setiap particle merepresentasikan suatu solusi yang potensial pada permasalahan yang diselesaikan. Posisi dari suatu particle adalah ditentukan oleh representasi solusi saat itu.
3. Pbest (Personal best): posisi Pbest suatu particle yang menunjukkan posisi particle yang dipersiapkan untuk mendapatkan suatu solusi yang terbaik.
4. Gbest (Global best) : posisi terbaik particle pada swarm.
5. Velocity (vektor): vektor yang menggerakkan proses optimisasi yang menentukan arah di mana suatu particle diperlukan untuk

berpindah (move) untuk memperbaiki posisinya semula.

6. Inertia weight : inertia weight di simbolkan w , parameter ini digunakan untuk mengontrol dampak dari adanya velocity yang diberikan oleh suatu particle.

Prosedur standar untuk menerapkan algoritma PSO adalah sebagai berikut :

1. Inisialisasi populasi dari particle-particle dengan posisi dan velocity secara random dalam suatu ruang dimensi penelusuran.
2. Evaluasi fungsi *fitness* optimisasi yang diinginkan di dalam variabel d pada setiap particle.
3. Membandingkan evaluasi *fitness* particle dengan $Pbest$ -nya. Jika nilai yang ada lebih baik dibandingkan dengan nilai $Pbest$ -nya, maka $Pbest$ diset sama dengan nilai tersebut dan P_i sama dengan lokasi particle yang ada X_i dalam ruang dimensional d .
4. Identifikasi particle dalam lingkungan dengan hasil terbaik sejauh ini.
5. Update velocity dan posisi particle.
6. Kembali ke step 2 sampai kriteria terpenuhi, biasanya berhenti pada nilai *fitness* yang cukup baik atau sampai pada jumlah maksimum iterasi. [3]

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:

1. Mengevaluasi *fitness* dari setiap partikel
2. Update *fitness* Partikel dan global terbaik dan posisi
3. Update kecepatan dan posisi setiap partikel [12]

Perubahan kecepatan (*velocity*) pada algoritma ini direpresentasikan dengan persamaan 2-1: [13]

$$v_i^{k+1} = \omega v_i^k + c_1 rand_1 \times pbest_i - s_i^k + c_2 rand_2 \times gbest - s_i^k \quad 2-1$$

Dimana ;

- v_{ik} : kecepatan agen i pada iterasi k
 ω : fungsi pemberat (inertia)
 c_i : factor pemberat
 $rand$: nilai acak antara 0 dan 1

s_{ik} : posisi terakhir agen i pada iterasi k

p_{best}^i : best dari agen i

g_{best} : nilai p_{best} terbaik dari kawan

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 [14] Pada setiap iterasi, nilai fungsi inersia di-update melalui persamaan 2-2:

$$\omega = \omega_{max} - \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{iter_{max}} \times iter \quad 2-2$$

Dimana :

ω_{max} : Nilai pemberat (inertia) awal

ω_{min} : nilai pemberat (inertia) akhir

$iter_{max}$: jumlah iterasi maksimum

$iter$: jumlah iterasi terakhir

Seiring Dengan berubahnya kecepatan, maka terjadi perubahan pula pada posisi agen di setiap iterasi yang dapat di hitung dengan persamaan 2-3 : [13]

$$s_i^{k+1} = s_i^k + v_i^{k+1} \quad 2-3$$

Dimana :

s_i^{k+1} : posisi agen terakhir

s_i^k : posisi agen sebelumnya

v_i^{k+1} : kecepatan agen terkini

2.9 Nilai Fitness

Proses evaluasi adalah proses perhitungan nilai *fitness*. Nilai *fitness* menyatakan nilai dan tujuan dan fungsi dari algoritma genetika adalah untuk memaksimalkan nilai *fitness*. Nilai *fitness* digunakan untuk menentukan kualitas suatu Partikel pada algoritma genetika. Fungsi *fitness* dapat dilakukan dengan persamaan (2.6).

$$Fitness = C - f(x) \quad 2.4$$

$$Fitness = \frac{C}{f(x) + \epsilon}$$

2.5

Keterangan :

C = bilangan konstanta

ϵ = bilangan kecil untuk menghindari pembagian oleh nol

Persamaan (2-4) menunjukkan

persamaan nilai *fitness* yang digunakan ketika menyelesaikan sebuah permasalahan yang solusinya adalah memaksimalkan fungsi f (masalah maksimasi), sedangkan persamaan (2.5) adalah fungsi *fitness* yang digunakan untuk mencari solusi yang meminimalkan fungsi f [15]

3. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan langkah-langkah yang akan ditempuh dalam penyusunan skripsi, meliputi studi dan pengkajian literature, analisis kebutuhan sistem, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian, analisis hasil lalu kesimpulan dan saran.



Gambar 3. 1 Alur Tahapan Penelitian

3.1 Data Penelitian

Data yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

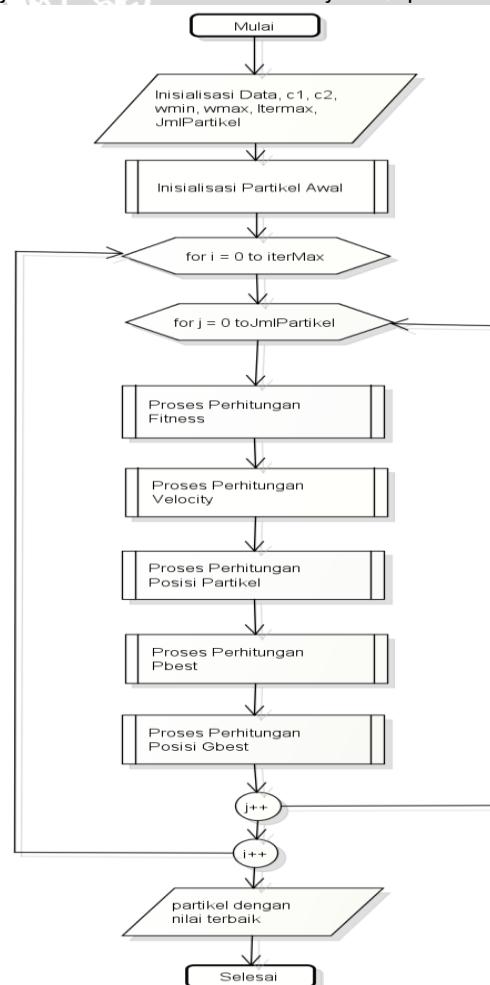
1. Data bahan makanan yang mencakup bahan-bahan makanan itu sendiri, harga bahan makanan per kilogram, ukuran rumah tangga, kalori per bahan makanan, dan kandungan zat-zat gizi pada masing-masing bahan makanan.
2. Data anjuran porsi sehari untuk proses perhitungan takaran setiap bahan makanan untuk masing-masing individu.
3. Data harga makanan untuk perhitungan harga total dari hasil rekomendasi bahan makanan.
4. Data konsumsi keluarga dalam jangka waktu satu hari untuk dijadikan perbandingan dengan hasil rekomendasi dari sistem.

4. PERANCANGAN SISTEM

Pada subbab ini akan dibahas mengenai langkah-langkah penyelesaian masalah optimasi pemenuhan gizi keluarga dengan menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization*. **Gambar 4.1** dibawah menunjukkan proses kerja secara umum Algoritma *Particle Swarm Optimization* dalam mengoptimasi pemenuhan gizi keluarga.

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

1. Menerima inputan-inputan 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 diinputkan adalah W_{min} , W_{max} , $C1$, $C2$, $IterMax$ dan $JmlPartikel$.
2. Proses memulai inisialisasi Swarm atau populasi partikel awal.
3. Proses menghitung *fitness* masing-masing partikel
4. Proses penentuan P_{best} dan G_{best} 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 proses akan berlanjut hingga sampai pada jumlah iterasi maksimum dan jumlah partikel.



Gambar 4. 1 Proses PSO dalam Optimasi Pemenuhan Gizi Secara Umum

Untuk representasi partikel dari permasalahan ini adalah sebagai berikut :

	HARI KE-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
x1	33	2	37	6	5	44	41	53	5	25	38	36	53	24	18	22	46	26	2	31	41	#	29	32	29	45	29

Gambar 4. 2 Contoh Representasi Partikel

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.

Sedangkan untuk rumus *fitness* yang digunakan agar sesuai dengan permasalahan yang diangkat adalah :

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

Keterangan :

C : bilangan untuk menyeimbangkan nilai *fitness*

Penggunaan konstanta C 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 C untuk pembagian penalti gizi yaitu 10000000, sedangkan konstanta C untuk pembagian harga total yaitu 100000.

5. IMPLEMENTASI

Antarmuka sistem terdiri dari satu halaman yang terdiri dari beberapa panel. Pada Gambar 5.1 dapat dilihat antarmuka untuk pengisian parameter PSO dan juga keluarga, lalu terdapat panel data keluarga untuk memperlihatkan data keluarga yang telah diinput.

The screenshot shows the 'OPTIMASI BAHAN MAKANAN DENGAN ALGORITMA PARTICLE SWARM OPTIMIZATION' interface. It includes input fields for parameters like Wmax, Wmin, C1, C2, and inertia. On the right, there is a table for 'Data Keluarga' with columns for No, Nama, Jenis Kelamin, Usia, Berat Badan, Tinggi Badan, and Indeks Massa. The table contains data for 4 family members.

Gambar 5.1 Implementasi halaman input data dan parameter

Selanjutnya pada Gambar 5.2 terdapat panel hasil optimasi dimana partikel terbaik dari setiap iterasi diperlihatkan bersamaan dengan nilai *fitness*nya.

The screenshot shows the 'Hasil Optimasi' panel. It displays a table with columns for Iterasi, Partikel, and Fitness. The table shows the results of the optimization process over several iterations, with the best particle and fitness value highlighted.

Gambar 5.2 Implementasi panel hasil optimasi

Selanjutnya pada Gambar 5.3 terdapat panel kebutuhan gizi dimana kebutuhan gizi masing-masing anggota keluarga dihitung dan diperlihatkan hasilnya.

The screenshot shows the 'Kebutuhan Gizi Keluarga' panel. It displays a table with columns for No, Nama, Kebutuhan Gizi, Kebutuhan Protein, Kebutuhan Lemak, and Kebutuhan Gula. The table shows the calculated nutrition requirements for each family member.

Gambar 5.3 Implementasi panel kebutuhan gizi keluarga

Selanjutnya pada Gambar 5.4 terdapat panel keterangan hasil dimana hasil partikel terbaik di konversi menjadi nama bahan makanannya dan disertai kandungan gizi untuk masing-masing anggota keluarga, harga dan *fitness*nya.

The screenshot shows the 'Rekomendasi Bahan Makanan' panel. It displays a table with columns for No, Nama, Jenis Kelamin, Usia, Berat Badan, Tinggi Badan, and Indeks Massa. The table shows the recommended food ingredients for each family member, including the name of the ingredient, its quantity, and its price.

Gambar 5.4 Implementasi halaman keterangan hasil

6. PENGUJIAN DAN ANALISIS

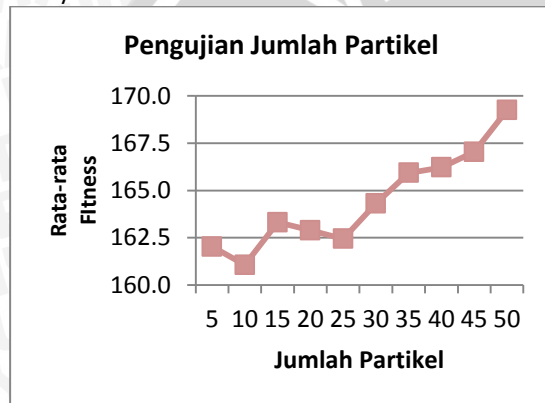
6.1 Analisis Pengujian berdasarkan banyaknya partikel

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:

Jumlah Iterasi	:	10
Siklus Hari	:	7
Nilai Wmin	:	0.4
Nilai Wmax	:	0.9
Nilai C1	:	2
Nilai C2	:	2
Jumlah orang	:	4
Batas angka permutasi	:	1-55

Pada gambar 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.



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.

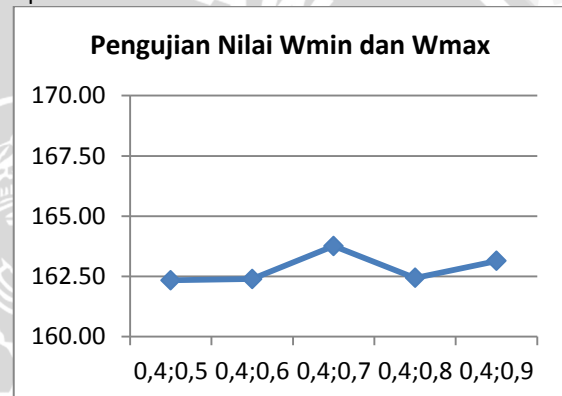
6.2 Uji coba berdasarkan kombinasi nilai ω_{min} dan ω_{max}

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:

Jumlah Iterasi	:	10
Siklus Hari	:	7
Jumlah Partikel	:	15
Nilai C1	:	2

Nilai C2	:	2
Jumlah orang	:	4
Batas angka permutasi	:	1-55

Dapat dilihat 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.



Berdasarkan pengujian nilai ω_{min} dan ω_{max} sebesar 0.4 dan 0.7 dapat dihitung sebagai berikut. Misal untuk iterasi 1, maka perhitungan nilai ω adalah sebagai berikut:

$$\omega = \omega_{max} - \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{iter\ max} \times iter$$

$$\omega = 0.7 - \frac{0.7 - 0.4}{10} \times 1$$

$$\omega = 0.67$$

Sedangkan untuk iterasi 2, maka perhitungan nilai ω adalah sebagai berikut:

$$\omega = \omega_{max} - \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{iter\ max} \times iter$$

$$\omega = 0.7 - \frac{0.7 - 0.4}{10} \times 2$$

$$\omega = 0.64$$

Perhitungan ini menunjukkan rentang nilai ω yang dihasilkan dengan kombinasi nilai ω_{min} dan ω_{max} sebesar 0.4 dan 0.7 berada dalam rentang 0-1 yang bisa dikatakan baik untuk mengontrol kemampuan eksplorasi partikel.

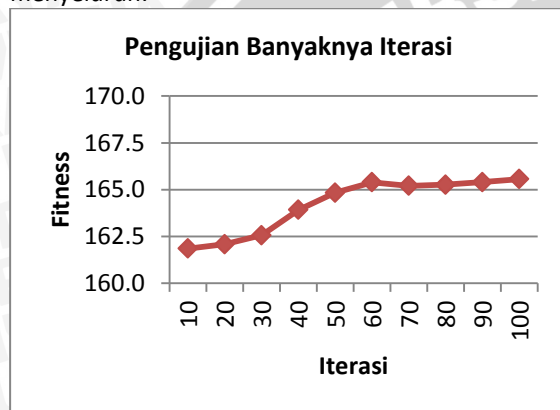
6.3 Analisis hasil pengujian terhadap banyaknya jumlah iterasi

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 : 7
3. Nilai Wmin : 0.4
4. Nilai Wmax : 0.7
5. Nilai C1 : 2
6. Nilai C2 : 2
7. Jumlah orang : 4
8. Batas angka permutasi : 1-55

Pada tabel dan juga gambar 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 6.1 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 diatasnya tidak dipilih karena hasil fitness yang dihasilkan tidak bernilai terlalu jauh dibanding dengan 60 iterasi dikarenakan tidak ada perubahan posisi partikel yang signifikan.

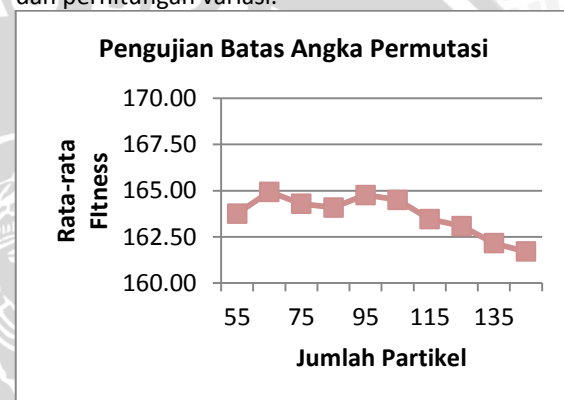
6.3 Analisis hasil pengujian terhadap jumlah maksimum iterasi

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 : 7
3. Nilai Wmin : 0.4
4. Nilai Wmax : 0.7
5. Nilai C1 : 2
6. Nilai C2 : 2
7. Jumlah orang : 4
8. Jumlah Iterasi : 35

Pada tabel dan juga gambar 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 6.2 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.

6.4 Analisis Global Hasil Pengujian

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 6.1 Biaya Konsumsi dan Variasi Makanan Sehari Hasil Rekomendasi Sistem

Keluarga ke-	biaya satu hari (Rp)	Jumlah lauk hewani	Jumlah lauk nabati	jumlah sayur an	bua h	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, 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%.

7. PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berikut ini adalah beberapa kesimpulan yang bisa didapat dari tahapan-tahapan penelitian yaitu perancangan, implementasi dan pengujian yang telah dilakukan:

1. Dalam penyelesaian permasalahan Optimasi Pemenuhan Kebutuhan Gizi Keluarga, penerapan algoritma *particle swarm optimization* dilakukan seperti alur kerja umum dari parameter tersebut. Dengan representasi partikel berisi angka *random* dari 1-55 yang nantinya di normalisasi menjadi indeks bahan makanan dan faktor yang dipertimbangkan dalam mencari 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} sebesar 0.7, C_1 sebesar 2, C_2 sebesar 2 dan jumlah iterasi sebanyak 60.

2. Dengan nilai parameter jumlah partikel= 35, ω_{min} = 0.4, ω_{max} = 0.7, C_1 =2, C_2 = 2 dan jumlah

iterasi= 60, hasil dari implementasi algoritma *Particle swarm optimization* untuk pemenuhan gizi keluarga adalah rekomendasi susunan bahan makanan untuk jangka waktu 7 hari dengan frekuensi 3 kali makan dalam 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. Dalam penyelesaian kasus aktual pada dua keluarga menghasilkan rekomendasi susunan bahan makanan yang 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 mampu menghemat biaya pengeluaran untuk konsumsi sebanyak 39.31%.

7.2 SARAN

1. Koefisien akselerasi C_1 dan C_2 pada penelitian ini menggunakan nilai konstan sehingga memungkinkan pencarian solusi tidak mencapai performa optimal. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan nilai koefisien akselerasi C_1 dan C_2 yang disesuaikan setiap iterasinya untuk mencapai performa pencarian solusi yang optimal.

2. Hasil rekomendasi bahan makanan dari sistem pada penelitian ini hanya berlaku untuk keluarga yang tidak menderita penyakit apapun atau memiliki riwayat keturunan penyakit. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan untuk orang atau keluarga dengan penyakit yang spesifik.

3. Zat gizi yang dioptimasi adalah zat gizi makro seperti karbohidrat, protein dan lemak. Untuk penelitian selanjutnya, dapat ditambahkan zat gizi yang lebih kompleks seperti kalsium, vitamin, zat besi dan zat gizi mikro lainnya agar dapat memenuhi kebutuhan gizi dengan lebih akurat.

4. Pada penelitian ini dilakukan optimasi terhadap bahan makanan, maka dari itu penelitian selanjutnya dapat mengembangkan optimasi terhadap menu makanan agar hasil yang diberikan lebih mudah diterapkan dalam kehidupan sehari-hari dan juga mempertimbangkan kecocokan antara bahan makanan satu dengan yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Sunita Almatsier, *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*,

- 2009.
- [2] E.P. & M., Z.Z. Kurniawan, *Fuzzy Membership Function Generation Using Particle Swarm Optimization*.: International Journal Open Problems Computation Math, No 3, 2010.
 - [3] Maickel Tuegeh, Soeprijanto, and Mauridhi H. Purnomo, "MODIFIED IMPROVED PARTICLE SWARM OPTIMIZATION FOR OPTIMAL," *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, 2009.
 - [4] Sunita Almatsier, *Prinsip Dasar ILMU GIZI*, 9th ed. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2010.
 - [5] I Dewa Nyoman Supariasa, *Penilaian Status Gizi*, 2001.
 - [6] M.N. Afandi, *Implementasi Metode K-Nearest Neighbor untuk Pendukung Keputusan Menu Makanan Sehat dan Bergizi MASSA TUBUH (IMT) Dengan Gizi Seimbang*. Malang: Universitas Brawijaya, 2014.
 - [7] Depkes. (2014) Permenkes Tentang Angka Kecukupan Gizi. [Online]. <http://gizi.depkes.go.id/>
 - [8] Instalasi Gizi Perjan RS Dr. Cipto Mangunkusumo dan Asosiasi Dietisien Indonesia, *Penuntun Diet edisi baru*, 25th ed. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2010.
 - [9] Andry Hartono, *Terapi Gizi dan Diet Rumah Sakit Ed. 2*.: EGC, 2006.
 - [10] R.L., Haupt, S.E Haupt, *Practical Genetic Algorithm, Second Edition*.: Wiley, 2004.
 - [11] N., Boukadoum, M. & Proulx, R. Nouaouria, *Particle Swarm Classification : A Survey and Positioning*.: Pattern Recognition, Vol 46, 2013.
 - [12] J. Blondin, "Particle Swarm Optimization : A Tutorial," pp. 1-5, 2009.
 - [13] Y Fukuyama, *Fundamentals of Particle Swarm Optimization Techniques*.: K.Y. Lee & M.A. El-Sharkawi, John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, NJ, USA, 2007.
 - [14] et al H.-L. Chen, "A novel bankruptcy prediction model based on an adaptive fuzzy k-nearest," *Knowledge-Based System*, pp. 1349-1359, 2011.
 - [15] Rismayanti and Tati Harihayati, "Implementasi Algoritma Genetika untuk Penjadwalan Mata Pelajaran di SMAN 1 Ciwidey," *Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika*, 2015.
 - [16] T.Stutzle M.Dorigo, *Ant Colony optimization*., 2004.
 - [17] E.E & Adebayo, G.E. Omizegba, *Optimizing Fuzzy Membership Using Particle Swarm Algorithm*. San Antonio: Proceeding of IEEE International Conference in Systems, Man, and Cybernetics, IEEE, 2009.
 - [18] A. Rianawati, *Implementasi Algoritma Genetika Untuk Optimasi Komposisi Makanan Bagi Penderita Diabetes Mellitus*.: DORO, 2015.
 - [19] M.I. Pratiwi, *Implementasi Algoritma Genetika Pada Optimasi Biaya Pemenuhan Kebutuhan Gizi*.: DORO, 2014.
 - [20] W., Zeng, N. & Wang, N. Zhu, *Sensitivity, Specifity. Accuracy, Associated Confidence Interval and ROC analysis with Practical SAS Implementation*. USA: SAS, 2010.