

# Optimasi Menu Makanan Penderita Asam Urat Pralansia Menggunakan Algoritma PSO

Christian Umbu Hermantho Edy<sup>1</sup>, Adriana Fanggidae<sup>2</sup>, Bertha Selviana Djahi<sup>3</sup>, Yulianto Triwahyuadi Polly<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Indonesia

<sup>1</sup>chrisedy44@gmail.com, <sup>2</sup>adrianafanggidae@staf.undana.ac.id, <sup>3</sup>bertha.djahi@staf.undana.ac.id,

<sup>4</sup>yuliantopolly@staf.undana.ac.id

## Abstrak

Asam urat merupakan hasil akhir metabolisme purin yang dapat menumpuk dalam tubuh dan menyebabkan peradangan pada sendi. Penyakit ini banyak terjadi pada kelompok pra lansia dan salah satu faktor yang memengaruhinya adalah pola makan yang tidak terkontrol, terutama konsumsi makanan tinggi purin. Penyusunan menu makanan bagi penderita asam urat secara manual cukup kompleks karena harus mempertimbangkan kebutuhan gizi serta batasan kandungan purin. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menerapkan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk mengoptimalkan perencanaan menu makan bagi penderita asam urat pada kelompok pra lansia. Data yang digunakan meliputi data bahan makanan beserta kandungan gizinya, kebutuhan gizi harian, dan batasan asupan nutrisi yang direkomendasikan bagi penderita asam urat. Metode PSO digunakan untuk mencari kombinasi menu terbaik melalui proses inisialisasi partikel, evaluasi fitness, serta pembaruan posisi dan kecepatan partikel hingga diperoleh solusi optimal. Pengujian dilakukan menggunakan variasi tingkat aktivitas, jumlah populasi, dan jumlah iterasi maksimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PSO mampu menghasilkan rekomendasi menu optimal yang memenuhi batasan nutrisi dan purin yang telah ditentukan. Kombinasi parameter terbaik diperoleh pada tingkat aktivitas ringan dengan jumlah iterasi 1000 dan populasi 30, yang menghasilkan rata-rata nilai menu optimal sebesar 934,85 dengan rata-rata waktu komputasi 382,86 detik. Dengan demikian, algoritma PSO dapat digunakan sebagai pendekatan yang efektif dalam mendukung perencanaan menu makan bagi penderita asam urat.

**Kata kunci:** asam urat, optimasi menu, *particle swarm optimization*, purin, pralansia

## 1. Pendahuluan

Asam urat merupakan hasil akhir metabolisme purin yang berasal dari makanan dan pemecahan protein tubuh. Penumpukan asam urat dapat menyebabkan peradangan sendi yang disertai pembengkakan. Di Indonesia, prevalensi penyakit sendi akibat asam urat tergolong tinggi, khususnya pada kelompok usia pra lansia, dengan peningkatan kasus seiring bertambahnya usia. Riset menunjukkan bahwa salah satu faktor utama penyebab penyakit sendi adalah tingginya kadar asam urat dalam darah (Adnani et al., 2022). Penelitian Purba & Parinduri. (2022) juga menunjukkan adanya hubungan antara pola makan dan kadar asam urat pada pra lansia, sehingga pengaturan komposisi makanan rendah purin menjadi langkah penting dalam pengelolaan penyakit ini.

Penyusunan menu makanan bagi penderita asam urat secara manual merupakan proses yang kompleks karena harus mempertimbangkan batasan purin serta keseimbangan zat gizi makro dan mikro. Kesalahan perhitungan dapat menyebabkan asupan nutrisi

tidak optimal dan meningkatkan risiko kekambuhan asam urat (Damayanti et al., 2025). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan optimasi yang mampu menghasilkan menu makanan secara terukur dan konsisten Fanggidae et al., (2025).

*Particle Swarm Optimization* (PSO) merupakan algoritma optimasi yang efektif untuk menangani parameter kontinu (Fanggidae & Boru., (2017). Dalam konteks perencanaan menu makan, PSO digunakan untuk mengoptimalkan variabel numerik seperti kebutuhan dan komposisi gizi sehingga dapat menghasilkan rekomendasi menu yang sesuai (Rad dkk., 2024). Metode ini juga telah berhasil diterapkan dalam penelitian perencanaan menu makanan sebelumnya (Yudiadewi dkk., 2025).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini menerapkan algoritma PSO untuk mengoptimalkan menu makanan penderita asam urat pra lansia dengan mempertimbangkan batasan kadar purin serta keseimbangan nutrisi, sehingga diharapkan dapat membantu pengelolaan kondisi kesehatan penderita secara lebih optimal.

## 2. Metode

### 2.1 Asam Urat

Penyakit asam urat merupakan kondisi yang ditandai dengan nyeri, pembengkakan, dan rasa panas pada persendian, terutama pada jari tangan, lutut, pergelangan kaki, dan jari kaki. Penyakit ini lebih sering menyerang pria di atas usia 30 tahun dan wanita setelah menopause, khususnya pada rentang usia 40–59 tahun akibat menurunnya metabolisme tubuh. Data Riset Kesehatan Dasar (2018) menunjukkan prevalensi asam urat sebesar 11,08% pada usia 40–54 tahun dan meningkat menjadi 15,55% pada usia 55–59 tahun. Serangan asam urat dapat berlangsung selama 3–10 hari dengan perkembangan gejala yang cepat (Lumbanraja & Simatupang, 2025).

Secara fisiologis, asam urat merupakan hasil metabolisme purin yang berfungsi dalam pertumbuhan sel dan produksi energi. Dalam kondisi normal, asam urat dikeluarkan melalui urin, namun apabila terjadi penumpukan, kristal urat dapat terbentuk di persendian dan jaringan sekitarnya sehingga menimbulkan peradangan dan nyeri (Timsans, 2024).

### 2.2 Gizi

Gizi merupakan zat yang dibutuhkan tubuh untuk menunjang pertumbuhan dan menjaga kesehatan. Gizi seimbang adalah susunan makanan sehari-hari yang mengandung zat gizi sesuai kebutuhan tubuh, karena kekurangan maupun kelebihan gizi dapat meningkatkan risiko berbagai penyakit, seperti asam urat dan diabetes. Oleh sebab itu, pemenuhan asupan gizi yang seimbang berperan penting dalam upaya pencegahan penyakit (Ramadhan, 2024).

Berdasarkan kebutuhannya, gizi dibedakan menjadi makronutrien yang meliputi energi (EN), karbohidrat (KH), lemak (LM), dan protein (PR), serta mikronutrien yang terdiri dari vitamin dan mineral yang berfungsi mencegah asam urat seperti purin (PU), kalium (KL), dan fosfor (FF) (Kim et al., 2024). Pada masa pra lansia, keseimbangan asupan gizi menjadi sangat penting karena ketidakseimbangan gizi dapat memicu penyakit seperti asam urat dan hipertensi. Oleh karena itu, diperlukan pola makan yang seimbang dengan memperhatikan kecukupan energi, protein, serat, vitamin, dan mineral untuk menjaga kesehatan pada masa pra lansia (Nuzula, 2024).

### 2.3 Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)

Particle Swarm Optimization (PSO) adalah metode yang awalnya diciptakan Kennedy dan Eberhart untuk mensimulasikan perilaku sosial makhluk hidup dari kawanan burung atau gerombolan ikan. Awalnya mereka tertarik pada cara kawanan burung mencari makan, mereka melihat bahwa kawanan burung tidak secara acak beterbangan, tetapi bergerak

secara pola yang terkoordinasi di mana setiap individu dalam kawanan mempertahankan keseimbangan antara eksplorasi dan eksploitasi. Dari pengamatan ini, mereka mencoba menerjemahkan perilaku sosial kawanan burung dalam sebuah algoritma komputasi (Bojappa & Lee., 2024). Tahapan algoritma Particle Swarm optimization (PSO) (Twumasi dkk., 2024):

#### 1. Inisialisasi posisi dan kecepatan awal partikel

Dalam proses inisialisasi posisi  $X$  dan kecepatan  $V$  secara acak. Posisi  $X_{ij}^i$  dan kecepatan  $V_{ij}^i$  dari kumpulan partikel dibangkitkan secara acak menggunakan batas atas dan batas bawah seperti Persamaan (1) dan Persamaan (2):

$$X_{ij} = X_{min} + rnd(X_{max} - X_{min}) \quad (1)$$

$$V_{ij} = V_{min} + rnd(V_{max} - V_{min}) \quad (2)$$

dimana:

$X_{ij}$  = posisi awal

$V_{ij}$  = kecepatan awal

$X_{max} - V_{max}$  = batas atas

$rnd$  = nilai acak antara rentang nilai 0 dan 1

$X_{min} - V_{min}$  = batas bawah

$n$  = populasi

$d$  = dimensi

$i$  = partikel 1,2,3,... $n$

$j$  = dimensi 1,2,3,... $d$

#### 2. Inisialisasi nilai terbaik awal

Setiap partikel menentukan nilai *fitness* terbaiknya ( $pBest$ ) berdasarkan evaluasi fungsi objektif. Nilai terbaik global ( $gBest$ ) ditentukan dari  $pBest$  terbaik dalam populasi.

#### 3. Perbarui posisi dan kecepatan

Setelah semua partikel diinisialisasi, PSO akan mulai menjalankan iterasi dengan memperbarui posisi dan kecepatan partikel yang ditunjukkan pada Persamaan (3) dan Persamaan (4):

$$X_{ij}^{(k+1)} = X_{ij}^{(k)} + V_{ij}^{(k+1)} \quad (3)$$

dimana:

$X_{ij}^{(k+1)}$  = posisi baru

$X_{ij}^{(k)}$  = posisi sekarang

$V_{ij}^{(k+1)}$  = kecepatan baru

$$V_{ij}^{(k+1)} = w V_{ij}^{(k)} + c_1 rnd(X_l - X_{ij}^{(k)}) + c_2 rnd(X_g - X_{ij}^{(k)}) \quad (4)$$

dimana:

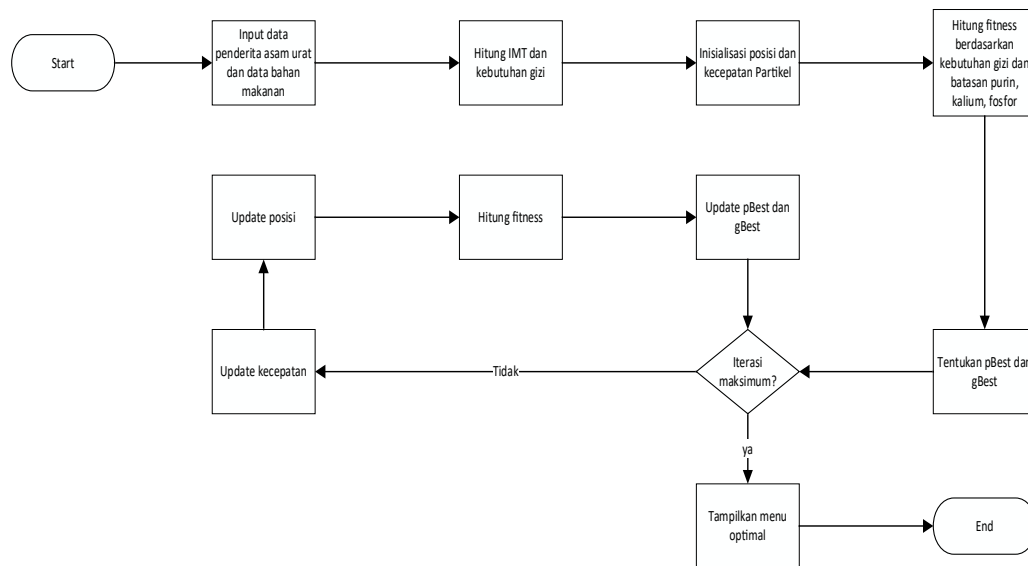
$w$  = faktor inersia

$X_{ij}^{(k)}$  = posisi sekarang

$V_{ij}^{(k)}$  = kecepatan sekarang

$c_1$  = koefisien pembelajaran individu

$c_2$  = koefisien pembelajaran kelompok



Gambar 1. Flowchart Alur Kerja Sistem

$X_l$  = local best, posisi terbaik setiap partikel  
 $X_g$  = global best pada kelompok

#### 4. Evaluasi dan Iterasi

Hitung kembali nilai *fitness* dari posisi terbaru, perbarui *pBest* dan *gBest* jika ditemukan solusi yang lebih baik. Ulangi langkah ini sampai kondisi berhenti terpenuhi.

#### 5. Output

Kembalikan nilai *gBest* sebagai solusi optimal.

### 2.4 Alur Sistem

Alur kerja sistem menggambarkan tahapan proses sistem melalui flowchart untuk mempermudah pemahaman proses berlangsung. Setiap tahapan dijelaskan secara rinci menunjukkan hubungan antar proses dalam menghasilkan rekomendasi menu optimal. Berikut Gambar 1 menunjukkan flowchart alur kerja sistem.

Flowchart dimulai dengan memasukkan data penderita asam urat yang meliputi tinggi badan, berat badan, usia, jenis kelamin, dan tingkat aktivitas harian, serta data bahan makanan berupa makanan pokok, lauk pauk, sayuran, dan buah-buahan. Selanjutnya sistem menghitung IMT untuk menentukan kategori berat badan dan menghitung kebutuhan gizi harian. Tahap berikutnya adalah inisialisasi posisi dan kecepatan partikel secara acak, kemudian setiap partikel dievaluasi menggunakan fungsi *fitness* untuk menentukan nilai *personal best* (*pBest*) dan *global best* (*gBest*). Pada setiap iterasi, posisi dan kecepatan partikel diperbarui berdasarkan nilai *pBest* dan *gBest*, kemudian dilakukan evaluasi ulang nilai *fitness* serta pembaruan *pBest* dan *gBest* apabila ditemukan solusi yang lebih baik. Proses ini berlangsung hingga mencapai iterasi maksimum, dan pada akhir proses sis-

tem menampilkan rekomendasi menu makanan optimal yang memenuhi kebutuhan gizi dan batasan nutrisi bagi penderita asam urat.

### 2.5 Metode Perhitungan Menu dan Gizi

Dalam perencanaan menu, sejumlah bahan makanan dipilih untuk menyusun komposisi yang optimal dari segi nutrisi, dengan tetap memastikan bahwa batasan porsi dan kebutuhan gizi terpenuhi.

- Variabel keputusan untuk makanan pokok (MP), lauk-pauk (LP), sayur-sayuran (SS), buah-buahan (BB) dinyatakan dalam bentuk integer.
- Kebutuhan gizi harian ditentukan berdasarkan nilai Indeks Massa Tubuh (IMT), *Basal Metabolic Rate* (BMR), dan *Total Energy Expenditure* (TEE). IMT digunakan untuk menentukan kategori status gizi dan rentang berat badan ideal berdasarkan tinggi badan. Nilai IMT dihitung menggunakan Persamaan 5.

$$IMT = \frac{BB}{(TB)^2} \quad (5)$$

- Berdasarkan kategori IMT, dihitung berat badan minimum dan maksimum menggunakan Persamaan 6 dan 7.

$$BB_{min} = IMT_{min} \times (TB)^2 \quad (6)$$

$$BB_{max} = IMT_{max} \times (TB)^2 \quad (7)$$

- Selanjutnya, kebutuhan energi dasar dihitung menggunakan metode Harris-Benedict untuk memperoleh nilai BMR minimum dan maksimum. Nilai tersebut kemudian dikalikan dengan faktor aktivitas fisik pada Tabel 1 sehingga diperoleh nilai TEE minimum dan maksimum sesuai Persamaan (8) dan Persamaan (9).

Tabel 1. Faktor Aktivitas

| Jenis aktivitas  | Faktor aktivitas |
|------------------|------------------|
| Minim aktivitas  | 1.2              |
| Aktivitas ringan | 1.375            |
| Aktivitas sedang | 1.55             |
| Aktivitas berat  | 1.725            |

Tabel 2. Rentang Berat Makanan

| Jenis Makanan | Rentang     |            |
|---------------|-------------|------------|
|               | Batas Bawah | Batas Atas |
| Makanan pokok | 300 gr      | 750 gr     |
| Lauk pauk     | 75 gr       | 200 gr     |
| Sayuran       | 300 gr      | 450 gr     |
| Buah-buahan   | 250 gr      | 300 gr     |

Tabel 3. Rentang Kebutuhan Gizi

| Gizi        | Rentang         |
|-------------|-----------------|
| Karbohidrat | (60-75%) energi |
| Protein     | (10-15%) energi |
| Lemak       | (10-25%) energi |
| Purin       | 100-150 mg      |
| Kalium      | 2000-4000 mg    |
| Fosfor      | 700-3900 mg     |

$$TEE_{min} = BMR_{min} \times FA \quad (8)$$

$$TEE_{max} = BMR_{max} \times FA \quad (9)$$

- Kebutuhan makronutrien dihitung berdasarkan persentase dari total kebutuhan energi, yaitu karbohidrat sebesar 60–75%, protein 10–15%, dan lemak 10–25% dari total energi harian. Nilai kebutuhan gizi yang diperoleh digunakan sebagai batasan dalam proses optimasi menu makanan menggunakan algoritma PSO.

- Fungsi Batasan

1. Membatasi asupan MP, LP, SS dan BB dalam gram per hari, seperti yang disajikan dalam Tabel 2.
2. Membuat asupan nutrisi dari semua bahan makanan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

- Fungsi Objektif

1. Meminimalkan pelanggaran yang disebabkan oleh asupan nutrisi yang melebihi jumlah yang dibutuhkan dapat diamati pada Persamaan 17. Nilai penalti optimal adalah  $f_{obj1} = 0$  (Melo et al., 2024).

$$EN_p = \begin{cases} 0 & EN_{min} \leq EN \leq EN_{max} \\ 1 & \text{else} \end{cases} \quad (10)$$

$$KH_p = \begin{cases} 0 & KH_{min} \leq KH \leq KH_{max} \\ 1 & \text{else} \end{cases} \quad (11)$$

$$PR_p = \begin{cases} 0 & PR_{min} \leq PR \leq PR_{max} \\ 1 & \text{else} \end{cases} \quad (12)$$

$$LM_p = \begin{cases} 0 & LM_{min} \leq LM \leq LM_{max} \\ 1 & \text{else} \end{cases} \quad (13)$$

$$PU_p = \begin{cases} 0 & PU_{min} \leq PU \leq PU_{max} \\ 1 & \text{else} \end{cases} \quad (14)$$

$$KA_p = \begin{cases} 0 & KA_{min} \leq KA \leq KA_{max} \\ 1 & \text{else} \end{cases} \quad (15)$$

$$FF_p = \begin{cases} 0 & FF_{min} \leq FF \leq FF_{max} \\ 1 & \text{else} \end{cases} \quad (16)$$

$$f_{obj1} = EN_p + KH_p + PR_p + LM_p + PU_p + KA_p + FF_p \quad (17)$$

Dimana  $p$  menyatakan pinalti.

2. Optimalisasi nutrisi tercapai saat selisih nutrisi dan max minimal sesuai Persamaan 25. Nilai fitness optimal adalah  $f_{obj2}$  juga minimum (Miow et al., 2024).

$$f_{EN} = \begin{cases} \frac{-(EN - EN_{max})}{1000} & EN_{min} \leq EN \leq EN_{max} \\ \text{else} \end{cases} \quad (18)$$

$$f_{KH} = \begin{cases} \frac{-(KH - KH_{max})}{1000} & KH_{min} \leq KH \leq KH_{max} \\ \text{else} \end{cases} \quad (19)$$

$$f_{PR} = \begin{cases} \frac{-(PR - PR_{max})}{1000} & PR_{min} \leq PR \leq PR_{max} \\ \text{else} \end{cases} \quad (20)$$

$$f_{LM} = \begin{cases} \frac{-(LM - LM_{max})}{1000} & LM_{min} \leq LM \leq LM_{max} \\ \text{else} \end{cases} \quad (21)$$

$$f_{PU} = \begin{cases} \frac{-(PU - PU_{max})}{1000} & PU_{min} \leq PU \leq PU_{max} \\ \text{else} \end{cases} \quad (22)$$

$$f_{KA} = \begin{cases} \frac{-(KA - KA_{max})}{1000} & KA_{min} \leq KA \leq KA_{max} \\ \text{else} \end{cases} \quad (23)$$

$$f_{FF} = \begin{cases} \frac{-(FF - FF_{max})}{1000} & FF_{min} \leq FF \leq FF_{max} \\ \text{else} \end{cases} \quad (24)$$

$$f_{obj2} = f_{EN} + f_{KH} + f_{PR} + f_{LM} + f_{PU} + f_{KA} + f_{FF} \quad (25)$$

## 2.6 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi performa algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) dalam menghasilkan rekomendasi menu makanan bagi penderita asam urat. Pengujian dilakukan menggunakan variasi jumlah populasi (10, 20, dan 30 partikel) serta jumlah iterasi maksimum (1000, 2000, dan 3000 iterasi). Setiap kombinasi pa-

parameter dijalankan sebanyak 20 kali pada tingkat aktivitas minim, ringan, sedang, dan berat. Kinerja sistem dievaluasi berdasarkan nilai menu optimal yang dihasilkan serta waktu komputasi yang dibutuhkan. Selain itu, dilakukan analisis frekuensi kemunculan bahan makanan pada solusi optimal untuk mengidentifikasi bahan makanan yang paling berkontribusi dalam memenuhi kebutuhan gizi dan batasan nutrisi penderita asam urat.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Data

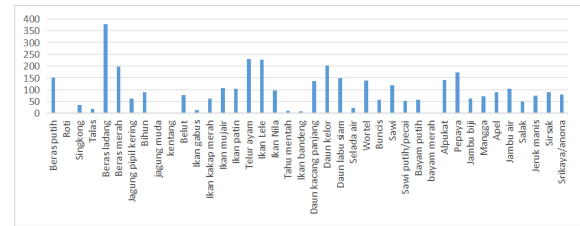
Dalam penelitian ini, data yang digunakan terdiri atas tiga kategori, yaitu data bahan makanan, data kebutuhan gizi mikronutrien, dan data batasan asupan makanan. Data bahan makanan mencakup informasi kandungan gizi dari setiap bahan (TKPI., 2017). Data kebutuhan gizi mikronutrien berisi nilai jumlah gizi yang diperlukan oleh penderita asam urat agar menu yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan gizi harian secara seimbang. Sementara itu, data batasan asupan makanan digunakan untuk menentukan rentang atau porsi minimum dan maksimum dari setiap kategori bahan makanan, seperti makanan pokok, lauk pauk, sayur, dan buah (Permenkes., 2014).

#### 3.2 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan untuk menilai performa *Particle Swarm Optimization* (PSO) yang digunakan dalam sistem untuk menghasilkan menu makanan sesuai kebutuhan gizi penderita asam urat. Pengujian dilakukan menggunakan beberapa parameter, seperti tingkat aktivitas, jumlah populasi dan jumlah iterasi maksimum. Setiap kombinasi pengujian menghasilkan keluaran berupa menu optimal dan waktu komputasi yang dibutuhkan. Selain itu, dilakukan pula pengamatan terhadap frekuensi kemunculan bahan makanan dalam setiap menu optimal untuk mengukur sejauh mana peran setiap bahan dalam pembentukan menu yang sesuai dengan kebutuhan gizi.

Data yang digunakan dalam pengujian adalah profil penderita asam urat pra lansia berumur 45 tahun, berat badan 70 kg, tinggi badan 170 cm dengan jenis kelamin pria. Berdasarkan data tersebut, maka hasil perhitungan kebutuhan gizi dapat dilihat pada Tabel 4. Kemudian untuk tiga skenario kombinasi bahan makanan yang diuji dapat dilihat pada Tabel 5. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur kualitas menu optimal yang dihasilkan, waktu komputasi yang dibutuhkan, serta frekuensi kemunculan setiap bahan makanan dalam menu optimal yang terbentuk. Masing-masing skenario dijalankan 20 kali untuk hasil yang lebih akurat, kemudian nilai rata-ratanya dapat dilihat pada Tabel 6, 7, dan 8.

Berdasarkan hasil tersebut, kombinasi parameter terbaik ditunjukkan pada tingkat aktivitas ringan



Gambar 2. Jumlah Kemunculan

yaitu iterasi 1000 dan populasi 30. Kombinasi ini menghasilkan rata-rata menu optimal sebesar 934,85 dengan rata-rata waktu komputasi 382,86 detik. Kemudian dilakukan pengujian rata-rata jumlah kemunculan dilakukan untuk mengukur peran dari setiap bahan makanan untuk menghasilkan menu optimal dari kombinasi parameter terbaik. Hasil pengujian jumlah kemunculan dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan hasil pengujian PSO, Makanan pokok yang sering dikonsumsi tetap didominasi oleh beras merah dan beras ladang sementara jagung muda dan kentang masih belum muncul dalam pola konsumsi. Pada kelompok lauk pauk, telur ayam dan ikan lele tetap menjadi pilihan utama. Meskipun demikian, konsumsi tahu, ikan gabus, dan ikan bandeng masih tergolong rendah, yang kemungkinan berkaitan dengan pertimbangan kandungan purin. Jenis sayuran yang sering dikonsumsi pada tingkat aktivitas ringan masih didominasi oleh daun kelor, wortel, dan daun kacang panjang. Bayam merah tetap tidak muncul. Pada kelompok buah, frekuensi konsumsi buah relatif seragam, tidak terlalu menunjukkan perbedaan yang signifikan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) terbukti mampu mengoptimalkan perencanaan menu makan yang sesuai dengan kebutuhan gizi penderita asam urat pada kelompok pra lansia. PSO dapat mengeksplorasi ruang solusi secara efektif dengan mempertimbangkan berbagai unsur gizi dan batasan yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tingkat aktivitas harian berpengaruh terhadap jumlah dan kualitas menu yang dihasilkan, di mana aktivitas ringan memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan aktivitas sedang dan berat. Kombinasi parameter terbaik diperoleh pada aktivitas ringan dengan jumlah iterasi 1000 dan populasi 30, yang menghasilkan nilai menu optimal tertinggi dengan waktu komputasi yang relatif efisien. Dengan demikian, algoritma PSO dapat dijadikan sebagai pendekatan yang efektif dalam mendukung perencanaan menu makan bagi penderita asam urat.

#### Daftar Pustaka

Adnani, H., Hikmawati, A. N., Sihapark, S., Suharyanta, D., & Widiyaningsih, D. (2022):

- Factors of independent of activities of daily living among osteoarthritis elderly*, International Journal of Public Health Science, 11(1). <https://doi.org/10.11591/ijphs.v11i1.21065>
- Bojappa, K., & Lee, J. (n.d.): *Review on particle swarm optimization: Application toward autonomous dynamical systems*, Journal of Automatica Sinica, 12(9).
- Damayanti, E., Rambey, H., & Octavariny, R. (2025): *Efektivitas pemberian penyuluhan dalam upaya peningkatan pengetahuan dan pola makan diet rendah purin penderita gout arthritis Puskesmas Bintang Bayu Serdang Bedagai*, Jurnal Kesmas dan Gizi. <https://doi.org/10.35451/fkeqf868>
- Fanggidae, A., & Boru, M. (2017): *Analisis algoritma DE, ABC, PSO dalam penentuan parameter karakteristik input-output pembangkit termal*, Seminar Nasional Ilmu Komputer, 1(1).
- Fanggidae, A., Polly, Y. T., Karnyoto, A. S., Ledoh, J. R. M., Pah, C. E. A., Mauko, A. Y., Dethan, S. A., & Pardamean, B. (2025): *Menu planning using multi-complex differential evolution algorithm for wasting children*, Communications in Mathematical Biology and Neuroscience. <https://doi.org/10.28919/cmbn/9256>
- Kim, E. Y., Heo, S. J., Lee, Y., Han, T. H., Kwon, Y. J., & Lee, J. W. (2026): *Nutrient intake and diet quality in individuals with hyperuricemia: A matched population study*, Frontiers in Nutrition. <https://doi.org/10.3389/fnut.2026.1719104>
- Lumbanraja, W. L., & Simatupang, L. L. (2025): *Pengalaman hidup penderita gout arthritis pada lansia di Puskesmas Sentosa Baru Kecamatan Medan Perjuangan*, Jurnal Pustaka Keperawatan, 4(2).
- Melo, V. V. de, Nascimento, A. M., & Iacca, G. (2024): *A co-evolutionary algorithm with adaptive penalty function for constrained optimization*, Soft Computing. <https://doi.org/10.1007/s00500-024-09896-5>
- Miow, Y. X., Mok, W. K. H., Gan, W. Y., Lim, P. Y., Appannah, G., & Adznam, S. N. (2025): *The use of linear programming approach in diet optimization among children under five: A scoping review*, BMC Public Health. <https://doi.org/10.1186/s12889-025-22414-y>
- Mizwardy, D., Mahmud, M., Hermana, Marudut, & Zufiyanto, N. A. (2017): *Tabel komposisi pangan Indonesia*, Kementerian Kesehatan.
- Nuzula, L. F. (2024): *Program kegiatan pemeriksaan kesehatan pada warga pra-lansia dan lansia*, Jurnal Kesehatan Tambusai, 5(4).
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2014): *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 2014*.
- Purba, D., & Parinduri, J. S. (2022): *Hubungan pola makan dengan kadar asam urat pada pra lansia di wilayah kerja Puskesmas Padang Bulan*, Journal of Vocational Health Science, 1(1). <https://doi.org/10.31884/jovas.v1i1.20>
- Rad, F. S., Amiri, M., & Li, J. (2024): *Optimizing nutritional decisions: A particle swarm optimization-simulated annealing-enhanced analytic hierarchy process approach for personalized meal planning*, Nutrients. <https://doi.org/10.3390/nu16183117>
- Timsans, J., Palomäki, A., & Kauppi, M. (2024): *Gout and hyperuricemia: A narrative review of their comorbidities and clinical implications*, Journal of Clinical Medicine. <https://doi.org/10.3390/jcm13247616>
- Twumasi, E., Frimpong, E. A., II, N. K. P., & Gyasi, D. B. (2024): *A novel improvement of particle swarm optimization using an improved velocity update function based on local best murmuration particle*, Journal of Electrical Systems and Information Technology. <https://doi.org/10.1186/s43067-024-00168-8>
- Yudiadewi, M. A., Putra, I. K. G. D., & Rusjayanthi, N. K. D. (2022): *Aplikasi perhitungan gizi dan diet khusus bagi pekerja menggunakan particle swarm optimization berbasis web*, Jurnal Ilmiah Teknologi dan Komputer.

## Lampiran

Tabel 4. Kebutuhan Gizi Berdasarkan Aktivitas

| Nutrisi       | Kebutuhan Gizi  |         |                  |         |                  |         |                 |         |
|---------------|-----------------|---------|------------------|---------|------------------|---------|-----------------|---------|
|               | Minim aktivitas |         | Aktivitas ringan |         | Aktivitas sedang |         | Aktivitas berat |         |
|               | Min             | Maks    | Min              | Maks    | Min              | Maks    | Min             | Maks    |
| Energi (kkal) | 1541,45         | 2024,16 | 1766,25          | 2319,34 | 1991,04          | 2614,53 | 2215,84         | 2909,72 |
| Karbo (g)     | 243,39          | 361,46  | 278,88           | 414,17  | 314,38           | 466,88  | 349,87          | 519,59  |
| Protein (g)   | 40,56           | 72,29   | 46,48            | 82,83   | 52,4             | 93,38   | 58,31           | 103,92  |
| Lemak (g)     | 18,03           | 53,55   | 20,66            | 61,36   | 23,29            | 69,17   | 25,92           | 76,98   |
| Purin (mg)    | 100             | 150     | 100              | 150     | 100              | 150     | 100             | 150     |
| Kalium (mg)   | 2000            | 4000    | 2000             | 4000    | 2000             | 4000    | 2000            | 4000    |
| Fosfor (mg)   | 700             | 1000    | 700              | 1000    | 700              | 1000    | 700             | 1000    |

Tabel 5. Skema Kombinasi Bahan Makanan

| Kasus | Bahan Makanan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Kombinasi Menu                 |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 1     | Pokok = (beras putih, beras ladang)<br>Lauk = (telur ayam, ikan nila)<br>Sayur = (daun kelor, sawi)<br>Buah = (alpukat, jambu air)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2 x 2 x 2 x 2 = 16 menu        |
| 2     | Pokok = (beras putih, beras ladang, beras merah, jagung kering, jagung muda)<br>Lauk = (telur ayam, ikan nila, ikan lele, ikan mujair, tahu)<br>Sayur = (daun kelor, sawi, buncis, daun labu siam, wortel)<br>Buah = (alpukat, pepaya, jambu biji, jambu air, srikaya)                                                                                                                                                                                                                        | 5 x 5 x 5 x 5 = 625 menu       |
| 3     | Pokok = (beras putih, beras ladang, beras merah, bihun, jagung muda, jagung kering, singkong, talas, kentang, roti)<br>Lauk = (telur ayam, ikan nila, ikan lele, ikan mujair, tahu, belut, ikan patin, ikan bandeng, ikan kakap merah, ikan gabus)<br>Sayur = (daun kelor, sawi, buncis, daun labu siam, wortel, bayam putih, bayam merah, selada air, sawi putih, daun kacang panjang)<br>Buah = (alpukat, apel, jambu biji, jambu air, srikaya, mangga, sirsak, salak, jeruk manis, pepaya) | 10 x 10 x 10 x 10 = 10000 menu |

Tabel 6. Menu Optimal Kasus 1

| Tingkat Aktivitas Fisik | Iterasi | Populasi     |       |       |               |      |      |
|-------------------------|---------|--------------|-------|-------|---------------|------|------|
|                         |         | Menu Optimal |       |       | Waktu (detik) |      |      |
|                         |         | 10           | 20    | 30    | 10            | 20   | 30   |
| Minim Aktivitas         | 1000    | 11,25        | 12,2  | 12,55 | 0,2           | 0,41 | 0,59 |
|                         | 2000    | 10,25        | 10,9  | 11,2  | 0,4           | 0,77 | 1,15 |
|                         | 3000    | 10,15        | 10,8  | 11,05 | 0,59          | 1,15 | 1,71 |
| Aktivitas Ringan        | 1000    | 10,25        | 10,95 | 11,05 | 0,23          | 0,42 | 0,62 |
|                         | 2000    | 10,05        | 11,1  | 10,95 | 0,41          | 0,78 | 1,18 |
|                         | 3000    | 10,2         | 10,95 | 11,3  | 0,61          | 1,16 | 1,86 |
| Aktivitas Sedang        | 1000    | 10,25        | 11,1  | 11,45 | 0,22          | 0,4  | 0,6  |
|                         | 2000    | 10           | 10,85 | 11,4  | 0,41          | 0,78 | 1,18 |
|                         | 3000    | 9,9          | 10,75 | 11,2  | 0,59          | 1,16 | 1,77 |
| Aktivitas Berat         | 1000    | 2,05         | 3,75  | 3,9   | 0,22          | 0,4  | 0,59 |
|                         | 2000    | 2,01         | 3,7   | 3,85  | 0,43          | 0,79 | 1,15 |
|                         | 3000    | 2,1          | 3,77  | 3,82  | 0,61          | 1,21 | 1,81 |

Tabel 7. Menu Optimal Kasus 2

| Tingkat Aktivitas Fisik | Iterasi | Populasi     |        |        |               |       |       |
|-------------------------|---------|--------------|--------|--------|---------------|-------|-------|
|                         |         | Menu Optimal |        |        | Waktu (detik) |       |       |
|                         |         | 10           | 20     | 30     | 10            | 20    | 30    |
| Minim Aktivitas         | 1000    | 169,5        | 188,15 | 199,25 | 8,58          | 16,23 | 23,87 |
|                         | 2000    | 168,1        | 188,85 | 198,2  | 16,66         | 30,61 | 46,14 |
|                         | 3000    | 167,5        | 189,44 | 198,05 | 24,65         | 46,66 | 69,16 |
| Aktivitas Ringan        | 1000    | 166,35       | 188,6  | 199,35 | 8,31          | 15,67 | 23,06 |
|                         | 2000    | 168,95       | 188,95 | 197,8  | 15,55         | 30,47 | 44,92 |
|                         | 3000    | 167,5        | 187    | 197,1  | 23,64         | 44,52 | 66,17 |
| Aktivitas Sedang        | 1000    | 119,2        | 136,4  | 143,65 | 8,43          | 15,87 | 22,7  |
|                         | 2000    | 120,45       | 136,95 | 146,6  | 15,67         | 30,3  | 46,64 |
|                         | 3000    | 120,85       | 137,4  | 148,05 | 23,03         | 46,66 | 69,16 |
| Aktivitas Berat         | 1000    | 34,9         | 40,85  | 44,45  | 8,53          | 16,19 | 23,66 |
|                         | 2000    | 34,95        | 40,9   | 44,2   | 15,92         | 31,86 | 44,58 |
|                         | 3000    | 35,05        | 40,7   | 44,3   | 23,42         | 45,42 | 68,3  |

Tabel 8. Menu Optimal Kasus 3

| Tingkat Aktivitas Fisik | Iterasi | Populasi     |        |        |               |        |         |
|-------------------------|---------|--------------|--------|--------|---------------|--------|---------|
|                         |         | Menu Optimal |        |        | Waktu (detik) |        |         |
|                         |         | 10           | 20     | 30     | 10            | 20     | 30      |
| Minim Aktivitas         | 1000    | 761,55       | 888,3  | 933,5  | 136,92        | 261,44 | 387,46  |
|                         | 2000    | 762,45       | 878,65 | 936,7  | 257,09        | 534,47 | 720     |
|                         | 3000    | 758,6        | 879,75 | 932,6  | 372,63        | 712,2  | 1067,13 |
| Aktivitas Ringan        | 1000    | 763,3        | 877,5  | 934,85 | 132,33        | 256,01 | 382,86  |
|                         | 2000    | 767,05       | 884,85 | 938,6  | 250,58        | 481,59 | 724,5   |
|                         | 3000    | 765,15       | 880,65 | 934,65 | 367,54        | 721,01 | 1055,78 |
| Aktivitas Sedang        | 1000    | 436,3        | 519,55 | 559,55 | 136,36        | 252,75 | 372,67  |
|                         | 2000    | 437,45       | 518,65 | 559,7  | 257,09        | 534,47 | 720,03  |
|                         | 3000    | 437,6        | 519,75 | 558,9  | 372,63        | 712,2  | 1067,13 |
| Aktivitas Berat         | 1000    | 88,45        | 110,4  | 121,3  | 136,09        | 250,99 | 370,44  |
|                         | 2000    | 88,95        | 110,5  | 122,35 | 248,18        | 501,38 | 730,49  |
|                         | 3000    | 89,7         | 110,8  | 123,85 | 375,54        | 719,99 | 1046,13 |