



PENCARIAN PROPORSI PENAMBAHAN BEKATUL PADA MOCORIN YANG BAIK DIKONSUMSI OLEH PENDERITA KOLESTEROL DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIK *MULTIOBJECTIVE FUNCTION*

Ruth Kristianingsih¹⁾, Hanna Arini Parhusip²⁾, Tundjung Mahatma³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Matematika FSM UKSW

^{2), 3)} Dosen Program Studi Matematika FSM UKSW

Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana
Jl. Diponegoro 52-60 Salatiga 50711

¹⁾ruth.kristianingsih30@gmail.com, ²⁾hannaariniparhusip@yahoo.co.id,

³⁾t.mahatma@staff.uksw.edu

Abstrak

Makalah ini mengkaji penelitian tentang pencarian proporsi penambahan bekatul pada mocorin yang baik dikonsumsi oleh para penderita kolesterol. Kriteria makanan yang baik untuk dikonsumsi oleh para penderita kolesterol adalah makanan dengan protein dan lemak yang rendah, namun memiliki kandungan serat yang tinggi. Selanjutnya dibuat pemodelan data dan dicari parameter untuk fungsi tujuan. Fungsi tujuan dioptimalkan dengan menggunakan Algoritma Genetik (AG) *multi-objective function*. Diperoleh proporsi penambahan bekatul yang baik untuk dikonsumsi oleh para penderita kolesterol adalah 25%.

Kata kunci: Mocorin, Algoritma Genetik *Mutiobjective Function*, SVD

I. PENDAHULUAN

Pada penelitian Kristianingsih dkk (2013), telah dibahas tentang penggunaan algoritma genetik (AG) dalam pengoptimalan kadar karbohidrat dan protein pada mocorin. Parameter fungsi tujuan karbohidrat dicari dengan menggunakan metode kuadrat terkecil dan menghasilkan *error* yang cukup kecil, yaitu 13,4892%. Selanjutnya nilai kadar karbohidrat dioptimalkan dengan menggunakan AG dan dihasilkan kadar karbohidrat maksimum yaitu pada sekitar $w = 51,4269\%$ dengan pemaksimum massa 0,1230 dan pemaksimum absorbansi 0,6482 yaitu pada proporsi penambahan bekatul sebanyak 12,5%. Namun pada penelitian pencarian nilai parameter fungsi tujuan kadar protein, dihasilkan nilai *error* masih besar yaitu sebesar 33,2679% yang dimungkinkan karena pemilihan model data yang kurang tepat. Pada pengoptimalan dengan menggunakan AG dihasilkan nilai protein optimal 38,0104% dengan pemaksimum karbohidrat sebesar 19,9167% dan diketahui pada proporsi penambahan bekatul agar protein optimal adalah 50%. Hasil ini diperoleh dimana fungsi tujuan dioptimalkan secara terpisah.

Selanjutnya dalam makalah ini, dicari fungsi tujuan untuk protein sehingga didapat nilai *error* yang cukup kecil. Sekaligus juga dicari proporsi mocoirin yang baik untuk dikonsumsi oleh para penderita kolesterol. Menurut hasil studi di *University of Maryland Medical Center*, makanan yang baik dikonsumsi oleh para penderita kolesterol adalah makanan yang memiliki kandungan serat yang tinggi, namun rendah protein dan lemak (Kompas, 2012). Serat, protein, dan lemak akan dibuat dalam fungsi karbohidrat dan massa. Penelitian menggunakan AG dengan *multiobjective function* untuk mencari proporsi penambahan bekatul mocoirin yang baik untuk dikonsumsi oleh para penderita kolesterol.

II. DASAR TEORI

Algoritma Genetik dengan *Multiobjective Function*

Cukup sering, dalam tugas-tugas rekayasa, ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi. Seringkali masing-masing dari kriteria tersebut bertentangan dan tidak dapat mencapai nilai optimum pada saat yang sama, sehingga pada saat meningkatnya nilai satu kriteria dapat memperburuk nilai kriteria yang lain. Hal ini menyebabkan timbulnya pertanyaan bagaimana menggunakan kriteria untuk menemukan solusi optimal dan bagaimana mencari ruang parameter.

Oleh karena itu dibuat metode pemilihan yang dihitung kelompok metode Pareto. (Popov, 2005). Hal ini sejalan dengan prinsip dimana tidak ada satu pun solusi yang mampu memberikan hasil yang lebih optimal dari salah satu fungsi tujuan yang ada tanpa mengorbankan fungsi tujuan lainnya (Mahmudy, dkk, 2011).

Diasumsikan ada k fungsi tujuan yang akan diminimumkan :

$$\min F(\bar{x}) = (f_1(\bar{x}), f_2(\bar{x}), \dots, f_k(\bar{x}))^T, \bar{x} \in C \quad (1)$$

Dimana $k \geq 2$ dan $C = \{ \bar{x} : h(\bar{x}) = 0, g(\bar{x}) \leq 0, a_i \leq x_i \leq b_i \}$, $h(\bar{x})$ dan $g(\bar{x})$ merupakan fungsi kendala, \bar{x} merupakan vektor dari variabel keputusan, a_i merupakan batas bawah dan b_i merupakan batas atas. Jika sebuah fungsi kendala mempunyai bentuk $g(\bar{x}) \geq c$ maka dapat diubah menjadi $-g(\bar{x}) + c \leq 0$. Konsep skalar dari nilai optimum tidak biasa diterapkan secara langsung pada kasus *multiobjective*. Konsep penggantian adalah *optimum pareto*. Vektor $\bar{x}^* \in C$ dikatakan *optimum pareto* jika semua vektor $\bar{x} \in C$ yang lain mempunyai nilai yang lebih tinggi setidaknya untuk satu fungsi objektif. Optimasi dengan *mutiobjective function* mendapatkan perhatian yang signifikan dari para peneliti. Telah dilakukan penelitian dalam menyelesaikan optimasi dengan *mutiobjective function* menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO) dengan hasil ditemukan beberapa solusi *pareto-optimal* secara efisien. (Xiaohui, dkk, 2002) Selain itu ada beberapa penelitian sejenis yaitu *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk menyelesaikan optimasi dengan *mutiobjective function* pada penentuan portofolio proyek. (Doerner, dkk, 2004) *Simulated Anneling* (SA) juga cukup berhasil dalam menyelesaikan berbagai masalah optimasi dengan *mutiobjective function*. (Bandyadhyay, dkk, 2008)

Salah satu pengembangan dari algoritma genetik adalah untuk mencapai suatu *Multiple Objective Optimization* dimana tujuan yang ingin dicapai lebih dari satu. Pengembangan algoritma genetik ini disebut algoritma genetik *pareto* yang diawali dengan suatu populasi dengan jumlah *member* yang banyak. Algoritma genetik *pareto* disini bekerja dengan dua *objective function* atau lebih. Algoritma genetik *pareto* mem-

butuhkan ukuran populasi yang besar untuk dapat bekerja dengan baik dalam usahanya untuk membentuk suatu grafik *pareto*. (Umi P., dkk, 2011)

Pareto optimal set adalah sebuah kumpulan solusi non dominan yang berhubungan satu sama lain ketika berpindah ke solusi *pareto* yang lain. Kumpulan solusi optimal *pareto* seringkali mengacu kepada solusi tunggal karena dapat diaplikasikan berdasarkan pada masalah yang terdapat dalam kehidupan nyata. *Pareto optimal set* mempunyai ukuran yang bervariasi, namun ukuran *pareto set* bertambah seiring dengan bertambahnya fungsi tujuan.

Model Fungsi Tujuan untuk Protein, Lemak, dan Serat

Di bawah ini adalah fungsi-fungsi yang digunakan untuk memodelkan fungsi tujuan untuk protein, lemak, dan serat.

Protein dan Lemak

Pada penelitian ini, digunakan fungsi tujuan kuadratik untuk fungsi tujuan protein dan lemak dengan parameter-parameternya dicari menggunakan *Singular Value Decomposition* (SVD). Parameter-parameter fungsi tujuan yang akan dicari adalah

$$S_i = \alpha_1 x_i^2 + \alpha_2 y_i^2 + \alpha_3 x_i y_i + \alpha_4 \quad (2)$$

Persamaan (2) dalam bentuk matriks dapat ditulis:

$$A \vec{v}_\alpha = \vec{S} \quad (3)$$

dimana

$$A = \begin{bmatrix} x_1^2 & y_1^2 & x_1 y_1 & 1 \\ x_2^2 & y_2^2 & x_2 y_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n^2 & y_n^2 & x_n y_n & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$
$$\vec{v}_\alpha = [\alpha_1 \ \alpha_2 \ \alpha_3 \ \alpha_4]$$

x_i = data ke- i variabel 1

y_i = data ke- i variabel 2

$\vec{S} = S_i$ = data ke- i variabel 3 $i = 1, 2, \dots, n; n =$ banyaknya data

α_j = parameter fungsi tujuan $j = 1, 2, \dots, 4$

$$A = U \Sigma V^T \quad (5)$$

Menurut Watkins (1991) pada persamaan (5) jika matriks $A \in R^{n \times m}$ mempunyai rank r , maka terdapat matriks dengan kolom-kolom dari nilai eigen AA^T $U \in R^{n \times n}$, Σ adalah matriks diagonal dari akar nilai eigen AA^T $\Sigma \in R^{n \times m}$, dan V adalah matriks dengan kolom-kolom dari vektor eigen AA^T $V \in R^{m \times m}$.

Dari persamaan (3) dan (5) diperoleh:

$$U \Sigma V^T \vec{v}_\alpha = \vec{S} \text{ atau } \Sigma V^T \vec{v}_\alpha = U^T \vec{S} \quad (6)$$

Misal $\vec{c} = U^T \vec{S}$ dan $\vec{y} = V^T \vec{v}_\alpha$, maka $\Sigma \vec{y} = \vec{c}$ sehingga $\vec{y} = \Sigma^{-1} \vec{c}$

Persamaan (3) diselesaikan dengan:

$$\vec{v}_\alpha = V \vec{y} \quad (7)$$

Untuk mengetahui apakah parameter sudah optimal atau belum, dapat dicari *error* :

$$Error = E = \frac{\|\bar{s}_{pendekatan} - \bar{s}_{data}\|}{\|\bar{s}_{data}\|} \cdot 100\%$$

Serat

Model yang akan digunakan dalam memodelkan fungsi tujuan untuk karbohidrat adalah fungsi eksponensial:

$$S = ae^{-bk^2 - cm^2} \quad (8)$$

Fungsi ini digunakan untuk menyatakan Serat sebagai fungsi karbohidrat dan massa dimana a, b, c pada persamaan (1) dicari dengan menggunakan metode kuadrat terkecil, yaitu meminimalkan :

$$R = \sum_{i=1}^n (S_{i,data} - S_{i,model})^2 \quad (9)$$

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini didasarkan pada data sekunder yang diperoleh penelitian Silvia L. (2012).

1. Data kandungan proksimat kadar protein, kadar lemak, dan kadar serat dioptimalkan dengan menggunakan AG *multiobjective function*, dengan parameter fungsi tujuan ditentukan menggunakan SVD.
2. Penyusunan dan penyelesaian model
 - a) Pencarian masing-masing fungsi tujuan untuk kadar protein, kadar lemak, dan kadar serat menggunakan SVD.
 - b) Pengoptimalan fungsi tujuan menggunakan AG *multiobjective function*.
3. Analisis hasil dan pembahasan
4. Pembuatan kesimpulan.

IV. PEMBAHASAN

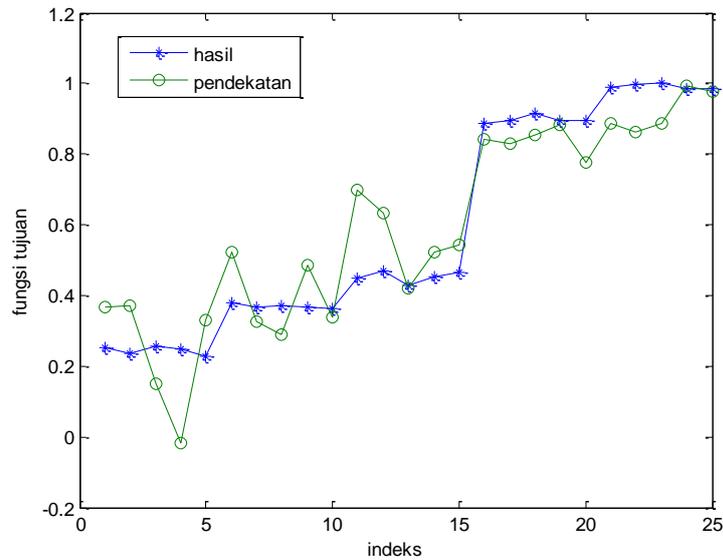
Sesuai dengan tujuan pada penelitian ini, maka dicari fungsi tujuan untuk masing-masing kadar protein, lemak, dan serat sebagai berikut :

a) Fungsi Tujuan Protein

Dari penelitian sebelumnya diketahui bahwa nilai error untuk menentukan parameter fungsi tujuan sangat besar yaitu 33,2679%, sehingga dapat diasumsikan model tidak terlalu cocok untuk data protein. Pada penelitian ini, akan dimodelkan kembali fungsi tujuan untuk kadar protein dengan menggunakan persamaan kuadratik. Diasumsikan nilai protein dipengaruhi oleh kadar karbohidrat dan massa. Menurut persamaan (2) nilai $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ dicari. Untuk mencari parameter $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ perlu diselesaikan persamaan :

$$P = \alpha_1 k^2 + \alpha_2 m^2 + \alpha_3 km + \alpha_4 \quad (10)$$

dengan k adalah karbohidrat dan m adalah massa. Didapatkan hasil $\alpha_1 = 7.5193, \alpha_2 = 7.4077, \alpha_3 = -19.1529, \alpha_4 = 2.6168$. Sedangkan nilai *error*-nya adalah 17.5005% yang cukup kecil jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Gambar 1 berikut menunjukkan nilai data asli dengan pendekatannya.



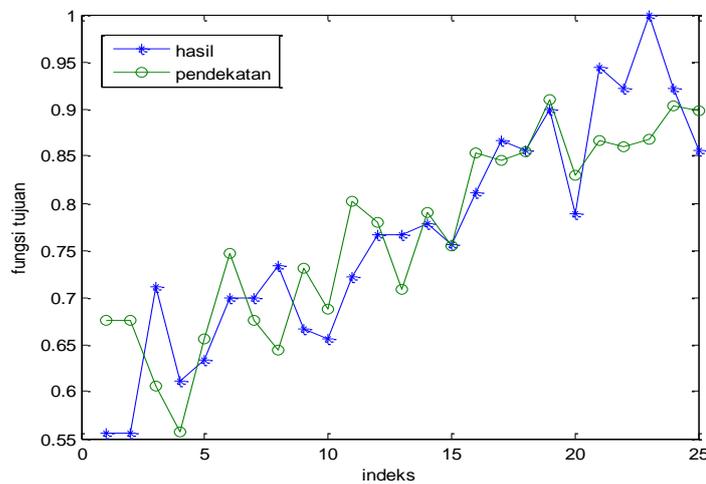
Gambar 1. Grafik kadar protein data asli dan hasil pendekatan fungsi SVD

b) Fungsi Tujuan Lemak

Diasumsikan pula nilai lemak dipengaruhi oleh kadar karbohidrat dan massa. Maka fungsi tujuan untuk lemak dengan menggunakan SVD adalah

$$L = 2.2884k^2 + 2.4022m^2 - 5.9918km + 1.393 \quad (11)$$

Dengan nilai error 6.6190% yang diasumsikan bahwa model sudah sesuai dengan data lemak. Gambar 2 berikut menunjukkan nilai data asli dengan pendekatannya.



Gambar 2. Grafik kadar lemak data asli dan hasil pendekatan fungsi SVD

c) Fungsi Tujuan Serat

Diasumsikan bahwa kadar serat dipengaruhi oleh karbohidrat dan massa. Selanjutnya, menurut persamaan (8), nilai parameter a, b, c dicari agar fungsi tujuan dapat dioptimasi.

Sesuai persamaan(9) untuk mencari parameter a, b, c maka perlu meminimalkan:

$$R = \sum_{i=1}^n [S_i - ae^{-bk(i)^2 - cm(i)^2}]^2 \quad (12)$$

Pencarian parameter tersebut dilakukan dengan menggunakan fungsi Matlab *lsqnonlin.m*. Dihasilkan parameter fungsi tujuan $a= 1.4254$, $b=2.0401$, dan $c= -0.3639$ dengan error sebesar 21.2090%.

Setelah fungsi tujuan dari masing-masing kadar dicari, ketiga fungsi tujuan dicari dengan menggunakan AG *multiobjective function*.

d) Pengoptimalan kadar serat, protein, dan lemak dengan menggunakan AG *multiobjective function*

Telah diketahui bahwa makanan yang baik untuk dikonsumsi oleh para penderita kolesterol adalah makanan dengan kandungan serat yang tinggi namun rendah akan lemak dan protein. (Kompas, 2012) Oleh karena itu, fungsi tujuan untuk protein, lemak, dan protein berturut-turut adalah sebagai berikut :

$$\text{Min } P(k, m) = 7.5193k^2 + 7.4077m^2 - 19.1529km + 2.6168$$

$$\text{Min } L(k, m) = 2.2884k^2 + 2.4022m^2 - 5.9918km + 1.3933$$

$$\text{Max } S(k, m) = 1.4254e^{-2.0401k^2 + 0.3639m^2}$$

dengan $0 \leq k, m \leq 1$. Kemudian, fungsi-fungsi tujuan tersebut diolah dengan menggunakan AG *multiobjective*.

Dipilih hasil yang optimal yaitu proporsi penambahan bekatul pada mocorin yang benar-benar baik untuk dikonsumsi oleh para penderita kolesterol pada penambahan bekatul sebanyak 25%, yaitu dengan kadar karbohidrat $k = 44,32321\%$ dan massa $m = 0.136$ gram. Dengan kombinasi karbohidrat dan massa pada proporsi penambahan bekatul sebesar 25% didapatkan kadar protein sebanyak $P = 23.127875\%$, lemak sebanyak $L = 7.5249\%$, dan serat sebanyak $S = 3.83743\%$.

V. KESIMPULAN

Dalam makalah ini telah ditunjukkan bagaimana menggunakan Algoritma Genetik *multiobjective function* untuk mencari proporsi penambahan bekatul pada mocorin, sehingga baik untuk dikonsumsi oleh para penderita kolesterol. Dengan memaksimalkan kadar serat, dan meminimumkan kadar protein serta kadar lemak, diperoleh hasil yaitu mocorin dengan penambahan bekatul sebanyak 25%.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Bandypadhyay S,S. Saha, U. Maulik, and K. Deb. 2008. A Simulated Annealing-Based Multiobjective Optimization Algorithm: AMOSA. *Evolutionary Computation, IEEE Transactions on* 12(3): 269-283.
- Doerner, K. Gutjahr, W. Hartl R, Strauss C, and Stummer C. 2004. Pareto Ant Colony Optimization: A Metaheuristic Approach to Multiobjective Portfolio Selection. *Annals of Operations Research*. 131(1): 79-99.
- Kristianingsih, R. Parhusip, H.A. & Mahatma, T. 2013. Penggunaan Algoritma Genetik dalam Mengoptimalkan Kandungan Karbohidrat dan Protein pada Mocorin. Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika dengan tema "Penguatan Peran Matematika dan Pendidikan Matematika untuk Indonesia yang Lebih Baik" pada tanggal 9 November 2013. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.

- Mahmudy, W.F. Rahman, M.A. 2011. Optimasi Fungsi Multi-Obyaktif Berkendala Menggunakan Algoritma Genetik Adaptif Dengan Pengkodean Real. Jurnal Ilmiah "Kursor" Vol 6 No. 1 Januari 2011. ISSN 0216-0544.
- Mikail, Bramirus. 2012. 4 Makanan Sumber Kolesterol Baik. Kompas, 18 Mei 2012.
- Umi P, Fitria. Santoso, T.B. Kristalina, P. 2011. Simulasi *Coverage* pada *Wireless Sensor Network* dengan Menggunakan Algoritma Genetik Pareto. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.
- Popov, Andrey. 2005. *Genetics Algorithm for Optimization*. Germany : Hamburg.
- Silvia L., 2012. Mocerin (Modifikasi Tepung Jagung Kuning (Zea Mays L.) Varietas Bisi 2 – Bekatul) Ditelaah Dari Nilai Gizi Dan Uji Organoleptik, Skripsi, Fakultas Sains dan Matematika Universitas Kristen Satya Wacana.
- Xiaohui, H. and Eberhart R. 2002. Multiobjective Optimization Using Dynamic Neighborhood Particle Swarm Optimization. In *Proceedings of the 2002 Congress on Evolutionary Computation*, pp. 1677-1681.
- Watkins, D.S. (1991). *Fundamentals of Matrix Computations*, John Wiley & Sons, New York.

