

## Optimasi Biaya dan Gizi Bahan Pangan Mentah Program MBG Siswa SMP Padang Menggunakan Simpleks-Python

Andi Susanto<sup>1</sup>, Alya Rozali Ramadhani<sup>2</sup>, Defi Angriani<sup>3</sup>, Mutia<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Prodi Tadris Matematika, FTK, Universitas Islam Negeri Imam Bonjol Padang, Padang-Indonesia 2026

Email: [1andisusanto@uinib.ac.id](mailto:andisusanto@uinib.ac.id), [2alyarozaliramadhani241@gmail.com](mailto:alyarozaliramadhani241@gmail.com),  
[3angrianiidefi@gmail.com](mailto:angrianiidefi@gmail.com), [4mutia240523@gmail.com](mailto:mutia240523@gmail.com)

### ABSTRAK

Program Makan Bergizi Gratis (MBG) membutuhkan perencanaan menu yang mampu memenuhi kebutuhan gizi peserta didik dengan biaya yang efisien. Penelitian ini bertujuan menentukan kombinasi bahan pangan mentah yang optimal untuk menu MBG bagi siswi SMP usia 13–15 tahun di Kota Padang menggunakan pendekatan program linear dengan metode Simpleks berbantuan Python. Penelitian ini merupakan penelitian terapan dengan pendekatan kuantitatif. Data harga bahan pangan diperoleh dari sumber harga lokal Kota Padang dan data lapangan Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG), sedangkan data kandungan gizi mengacu pada Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI). Kebutuhan gizi ditetapkan berdasarkan 30% Angka Kecukupan Gizi (AKG) sesuai Permenkes Nomor 28 Tahun 2019, meliputi sebelas komponen zat gizi, yaitu energi, protein, lemak, karbohidrat, serat, kalsium, zat besi, folat, vitamin A, vitamin B1, dan vitamin C. Lima kombinasi menu dimodelkan ke dalam fungsi tujuan minimasi biaya dengan kendala gizi, batas porsi, dan batas anggaran. Hasil optimasi menunjukkan bahwa dari lima kombinasi menu, tiga kombinasi menghasilkan solusi feasible, yaitu K2, K4, dan K5, sedangkan K1 dan K3 tidak feasible. Kombinasi K2 merupakan solusi optimal dengan biaya minimum dan mampu memenuhi seluruh kendala gizi yang ditetapkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Simpleks berbantuan Python efektif digunakan untuk menentukan komposisi menu MBG yang efisien, terukur, dan sesuai dengan kebutuhan gizi remaja.

**Kata kunci:** MBG, Program Linear, Metode Simpleks, Optimasi Biaya, Pemenuhan Gizi.

### ABSTRACT

*The Free Nutritious Meal Program requires menu planning that is able to meet students' nutritional needs at an efficient cost. This study aims to determine the optimal combination of raw food ingredients for the Free Nutritious Meal menu for female junior high school students aged 13–15 years in Padang City using a linear programming approach with the Simplex method assisted by Python. This research is an applied study with a quantitative approach. Food price data were obtained from local price sources in Padang City and field data from a Nutritional Fulfillment Service Unit, while nutritional composition data were based on the Indonesian Food Composition Table. Nutritional requirements were determined based on 30% of the Recommended Dietary Allowance according to the Indonesian Ministry of Health Regulation Number 28 of 2019, covering eleven nutritional components: energy, protein, fat, carbohydrates, fiber, calcium, iron, folate, vitamin A, vitamin B1, and vitamin C. Five menu combinations were formulated into a costminimization objective function with nutritional constraints, portion limits, and budget constraints. The optimization results show that three of the five menu combinations were feasible, namely K2, K4, and K5, while K1 and K3 were infeasible. The K2 combination was identified as the optimal solution and fulfilled all nutritional constraints. These findings indicate that the Python-assisted Simplex method is effective in determining an efficient, measurable, and nutritionally adequate menu composition for the Free Nutritious Meal Program.*

**Keywords:** MBG, Linear programming, Simplex Method, Cost Optimization, Nutritional Fulfillment.

### A. Pendahuluan

Program Makan Bergizi Gratis (MBG) merupakan salah satu program prioritas

pemerintah Indonesia yang mulai diimplementasikan pada 6 Januari 2025 sebagai upaya meningkatkan kualitas sumber daya

manusia melalui perbaikan status gizi masyarakat. Program ini memiliki landasan hukum yang kuat melalui Peraturan Presiden Nomor 83 Tahun 2024 tentang Badan Gizi Nasional dan Peraturan Presiden Nomor 115 Tahun 2025 tentang Tata Kelola Penyelenggaraan Program Makan Bergizi Gratis. Sasaran program meliputi peserta didik dari jenjang PAUD hingga SMA, ibu hamil, ibu menyusui, dan balita (Perpres No. 115, 2025). Keberhasilan implementasi program MBG tidak hanya ditentukan oleh luasnya cakupan penerima manfaat, tetapi juga oleh kemampuan penyelenggara dalam menyediakan makanan yang memenuhi kebutuhan gizi dengan biaya yang efisien. Oleh karena itu, perencanaan menu yang mampu mengoptimalkan keseimbangan antara kecukupan gizi dan biaya menjadi aspek penting dalam mendukung keberlanjutan program tersebut.

Kelompok remaja usia sekolah menengah pertama merupakan salah satu sasaran yang membutuhkan perhatian khusus dalam pemenuhan kebutuhan gizi. Masa remaja ditandai oleh pertumbuhan fisik yang cepat, perkembangan fungsi kognitif, serta perubahan fisiologis yang menyebabkan peningkatan kebutuhan energi dan zat gizi. Remaja perempuan memiliki risiko lebih tinggi mengalami anemia akibat kehilangan zat besi selama menstruasi, sedangkan remaja laki-laki memerlukan asupan energi dan protein yang lebih besar untuk menunjang pertumbuhan jaringan tubuh. Data Survei Kesehatan Indonesia tahun 2023 menunjukkan bahwa prevalensi anemia pada remaja perempuan usia 15–24 tahun mencapai 18%, sedangkan pada kelompok usia 5–14 tahun sebesar 16,3% (BKPK Kemenkes RI, 2023). Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya penyediaan menu MBG yang mampu memenuhi kebutuhan berbagai zat gizi esensial, seperti protein, zat besi, kalsium, folat, serta vitamin yang berperan dalam mendukung pertumbuhan dan kesehatan remaja.

Upaya penyusunan menu bergizi dengan biaya minimum dapat dilakukan melalui pendekatan optimasi matematis. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi adalah pemrograman linear (*linear programming*). Metode Simpleks sebagai algoritma penyelesaian program linear mampu menentukan solusi optimal dari suatu fungsi

tujuan dengan mempertimbangkan berbagai kendala yang harus dipenuhi secara bersamaan. Kemampuan tersebut menjadikan metode Simpleks relevan untuk digunakan dalam perancangan menu makanan yang bertujuan meminimalkan biaya sekaligus memenuhi standar kebutuhan gizi yang telah ditetapkan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif dalam menghasilkan kombinasi bahan pangan yang ekonomis tanpa mengurangi kualitas kandungan gizinya (Taha, 2017).

Penerapan pemrograman linear dalam bidang gizi telah banyak dilaporkan pada berbagai penelitian sebelumnya. Zahra et al. (2023) memanfaatkan pendekatan *linear programming* berbasis perangkat lunak *Optifood WHO* untuk menyusun menu kantin bergizi bagi pekerja di Kalimantan Timur dan berhasil meningkatkan pemenuhan kebutuhan zat gizi hingga mencapai 50–70% dari angka kecukupan yang dianjurkan. Putri et al. (2024) juga menunjukkan bahwa penggunaan *linear programming* dapat menghasilkan kombinasi menu yang mampu mencegah kekurangan energi kronik pada wanita prakonsepsi dengan biaya yang lebih efisien melalui substitusi bahan pangan tertentu. Hasil-hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa metode optimasi memiliki potensi besar dalam mendukung penyusunan menu yang memenuhi kebutuhan gizi secara lebih efektif dan ekonomis.

Kajian mengenai program MBG juga telah dilakukan dari berbagai perspektif. Wahyuni et al. (2025) menggunakan metode penugasan (*Hungarian Method*) untuk menentukan pemasok bahan pangan yang paling efisien bagi program MBG. Fokus penelitian tersebut terletak pada pemilihan pemasok berdasarkan aspek biaya sehingga belum mempertimbangkan kandungan gizi bahan pangan yang digunakan. Bahri et al. (2025) menerapkan metode Simpleks untuk menentukan komposisi menu MBG pada tingkat Sekolah Dasar dengan bantuan perangkat lunak AtoZmath. Meskipun berhasil menghasilkan komposisi menu yang optimal, penelitian tersebut masih terbatas pada kelompok usia siswa SD serta menggunakan bahan pangan dalam bentuk siap masak. Sementara itu, Yesi dan Annur (2025) lebih menitikberatkan pada pengaruh konsumsi makanan bergizi terhadap prestasi belajar

matematika siswa tanpa membahas aspek optimasi biaya maupun penyusunan komposisi bahan pangan.

Berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa kajian mengenai optimasi menu MBG masih menyisakan ruang penelitian yang perlu dikembangkan. Hingga saat ini, penelitian yang secara khusus mengoptimalkan menu MBG bagi siswa SMP dengan mempertimbangkan kebutuhan gizi remaja serta harga bahan pangan lokal masih sangat terbatas. Perbedaan harga bahan pangan antarwilayah menyebabkan hasil optimasi dari suatu daerah belum tentu dapat diterapkan secara langsung pada daerah lain. Selain itu, proses pengadaan MBG pada praktiknya menggunakan bahan pangan mentah yang kemudian diolah oleh penyedia makanan, sehingga penggunaan bahan pangan mentah sebagai variabel keputusan dinilai lebih sesuai untuk menggambarkan kondisi riil pelaksanaan program. Ketiadaan perencanaan yang optimal berpotensi menyebabkan penggunaan anggaran yang kurang efisien atau tidak tercapainya target pemenuhan gizi yang telah ditetapkan.

Berdasarkan uraian tersebut, masih terdapat kesenjangan penelitian terkait optimasi menu MBG yang mengintegrasikan aspek pemenuhan kebutuhan gizi remaja dan efisiensi biaya berbasis harga pangan lokal. Penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui penerapan metode Simpleks berbantuan pemrograman Python dalam menentukan kombinasi menu MBG bagi siswa SMP usia 13–15 tahun di Kota Padang. Analisis difokuskan pada upaya meminimumkan biaya per sekali makan dengan tetap memenuhi target Angka Kecukupan Gizi sebesar 30% per sekali makan sesuai ketentuan Permenkes Nomor 28 Tahun 2019. Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi pemenuhan sebelas komponen zat gizi utama pada beberapa alternatif menu berbasis bahan pangan lokal serta menghasilkan rekomendasi kombinasi menu yang paling optimal. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi masukan bagi penyelenggara program MBG dalam merancang menu yang efisien, realistis, dan sesuai dengan kebutuhan gizi remaja sekolah menengah pertama

## B. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian terapan dengan pendekatan kuantitatif menggunakan metode optimasi program linear. Data harga bahan pangan diperoleh dari sumber resmi Dinas Perdagangan Kota Padang dan portal [pasarami.padang.go.id](http://pasarami.padang.go.id) per Mei 2026, yang dilengkapi dengan data lapangan dari salah satu Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) Program Makan Bergizi Gratis yang berlokasi di Parak Karakah, Kota Padang. Data kandungan gizi bersumber dari Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI) Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2018). Kebutuhan gizi mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 untuk kelompok usia siswi SMP 13–15 tahun.

Lima kombinasi menu (K1–K5) dirancang mengacu pada pedoman pelaksanaan program MBG sebagaimana tertuang dalam Juknis BGN Nomor 401.1 Tahun 2025 (BGN RI, 2025), yang terdiri dari: (1) makanan pokok, (2) sayuran, (3) lauk nabati, (4) lauk hewani, dan (5) buah. Setiap kombinasi dimodelkan sebagai masalah program linear dengan lima variabel keputusan  $x_1$ – $x_5$  (porsi gram masing-masing bahan makanan), satu fungsi tujuan (minimasi biaya), sebelas kendala gizi, dan batas porsi per kelompok makanan.

Penyelesaian menggunakan metode Simpleks Big-M mengikuti prosedur baku sebagaimana diuraikan dalam Taha (2017):

- 1) Tambahkan variabel surplus  $s_i$  dan variabel artifisial  $a_i$  pada setiap kendala gizi;
- 2) Bentuk fungsi tujuan diperluas  $Z' = \sum c_j x_j + M \cdot \sum a_i$ ;
- 3) Susun tabel awal simpleks dengan basis variabel artifisial;
- 4) Iterasi berdasarkan kolom pivot (koefisien paling negatif di baris Z) dan baris pivot (uji rasio minimum);
- 5) Hentikan jika tidak ada nilai negatif di baris Z. Komputasi dilakukan menggunakan Python dengan modul `Scipy.optimize.linprog` dan diverifikasi secara manual.

**Tabel 1.** Angka Kecukupan Gizi (AKG) 30% Per Sekali Makan  
Siswi SMP Usia 13–15 Tahun

Zat Gizi	AKG Harian	Target 30% AKG	Satuan
Energi	2.050	615	kkal
Protein	65	19,5	gram
Lemak	70	21,0	gram
Karbohidrat	300	90,0	gram
Serat	29	8,7	gram
Kalsium (Ca)	1.200	360	mg
Besi (Fe)	15	4,5	mg
Folat	400	120	mcg
Vitamin A	600	180	RE
Vitamin B1	1,1	0,33	mg
Vitamin C	65	19,5	mg

Sumber: Permenkes No. 28 Tahun 2019.

**Tabel 2.** Data Harga Bahan Pangan Lokal di Kota Padang (Mei 2026)

No	Bahan Pangan	Harga (Rp/kg)	Harga (Rp/g)	Kelompok
1	Beras	15.250	15,25	Makanan Pokok
2	Bayam	10.000	10,0	Sayuran
3	Kangkung	10.000	10,0	Sayuran
4	Wortel	15.000	15,0	Sayuran
5	Tahu	12.000	12,0	Lauk Nabati
6	Tempe	15.000	15,0	Lauk Nabati
7	Ayam Ras	40.580	40,58	Lauk Hewani
8	Telur Ayam Ras	28.000	28,0	Lauk Hewani
9	Ikan	34.000	34,0	Lauk Hewani
10	Pisang	11.000	11,0	Buah
11	Jeruk	12.000	12,0	Buah

Sumber: [pasarami.padang.go.id](http://pasarami.padang.go.id); Dinas Perdagangan Kota Padang (2026).

**Tabel 3.** Lima Kombinasi Menu MBG untuk Siswi SMP Kota Padang

Kode	Makanan Pokok (x <sub>1</sub> )	Sayuran (x <sub>2</sub> )	Lauk Nabati (x <sub>3</sub> )	Lauk Hewani (x <sub>4</sub> )	Buah (x <sub>5</sub> )
K1	Beras	Bayam	Tahu	Ayam	Pisang
K2	Beras	Kangkung	Tempe	Ayam	Jeruk
K3	Beras	Bayam	Tahu	Telur	Pisang
K4	Beras	Wortel	Tempe	Telur	Jeruk
K5	Beras	Kangkung	Tempe	Ikan	Jeruk

Sumber: Diadaptasi dari Kemenkes (2024) dan Bahri et al. (2025)

**C. Hasil dan Pembahasan Program Linear**

Model optimasi dibangun untuk setiap kombinasi menu. Bentuk umum model adalah meminimumkan fungsi biaya:

$$Z = \sum c_j \cdot x_j \quad (j = 1, 2, 3, 4, 5)$$

di mana  $c_j$  adalah harga bahan makanan ke -  $j$  (Rp/gram) dan  $x_j$  adalah porsi bahan makanan ke- $j$  (gram). Kendala yang dikenakan meliputi sebelas persamaan ketidaksamaan gizi ( $tipe \geq AKG 30\%$ ) dan batas porsi per kelompok: makanan pokok 100 – 300 g, sayuran 50 – 150 g, lauk nabati 40 – 100 g,

lauk hewani 50 – 100 g, dan buah 80 – 200 g. Secara matematis:

$$(1) \sum a_{ij} \cdot x_j \geq b_i \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, 11$$

(kendala gizi)

$$(2) LB_j \leq x_j \leq UB_j \text{ untuk } j = 1, 2, 3, 4, 5$$

(batas porsi)

Dengan  $a_{ij}$  adalah kandungan zat gizi  $i$  per gram bahan makanan  $j$ , dan  $b_i$  adalah target AKG 30% untuk zat gizi  $i$ . Nilai-nilai  $a_{ij}$  diperoleh dari TKPI (2020).

**Kombinasi 1**

Karena harga pada unsur-unsur makanan yang terdiri dari beras, bayam, tahu, ayam dan pisang berturut-turut adalah Rp 15,25; Rp 10; Rp 12; Rp 40,58 dan Rp 11 per gram, maka fungsi objektif untuk kombinasi MBG tersebut adalah:

$$\text{Min } Z = 15,25x_1 + 10x_2 + 12x_3 + 40,58x_4 + 11x_5$$

**Konstruksi Kendala**

Kendala dalam penelitian ini meliputi kebutuhan zat gizi yaitu energi, protein, lemak, karbohidrat, kalsium, folat, zat besi, vitamin A, vitamin B1, vitamin C, serta serat yang harus dipenuhi untuk kecukupan gizi siswa sekolah dasar.

Berdasarkan data dari Permenkes No. 28 Tahun 2019, maka model matematika untuk kombinasi MBG 1 adalah sebagai berikut:

**Kombinasi 1**

- $3,57x_1 + 0,36x_2 + 0,80x_3 + 2,98x_4 + 1,20x_5 \geq 615$  (Kendala kalori)
- $0,084x_1 + 0,035x_2 + 0,109x_3 + 0,182x_4 + 0,012x_5 \geq 19,5$  (Kendala protein)
- $0,017x_1 + 0,005x_2 + 0,047x_3 + 0,25x_4 + 0,002x_5 \geq 21$  (Kendala lemak)
- $0,771x_1 + 0,065x_2 + 0,008x_3 + 0x_4 + 0,318x_5 \geq 90$  (Kendala karbo)
- $1,47x_1 + 2,67x_2 + 2,23x_3 + 0,14x_4 + 0,1x_5 \geq 360$  (Kendala kalsium)
- $0x_1 + 1,94x_2 + 0,2213x_3 + 5,913x_4 + 0,22x_5 \geq 120$  (Kendala folat)
- $0,018x_1 + 0,039x_2 + 0,034x_3 + 0,015x_4 + 0,008x_5 \geq 4,5$  (Kendala besi)
- $0x_1 + 55,8x_2 + 0x_3 + 2,45x_4 + 0x_5 \geq 180$  (Kendala vit A)
- $0,002x_1 + 0,0008x_2 + 0,001x_3 + 0,0008x_4 + 0,0006x_5 \geq 0,33$  (Kendala vit B1)
- $0x_1 + 0,8x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0,1x_5 \geq 19,5$  (Kendala vit C)
- $0,002x_1 + 0,008x_2 + 0,001x_3 + 0x_4 + 0,0053x_5 \geq 8,7$  (Kendala serat)
- $15,25x_1 + 10x_2 + 12x_3 + 40,58x_4 + 11x_5 \leq 10000$  (Kendala biaya)

Batasan non-negatif:

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0$$

**Kombinasi 2**

$$\text{Min } Z = 15,25x_1 + 10x_2 + 15x_3 + 40,58x_4 + 12x_5$$

Kendala:

- $3,57x_1 + 0,29x_2 + 2,01x_3 + 2,98x_4 + 0,45x_5 \geq 615$
- $0,084x_1 + 0,03x_2 + 0,208x_3 + 0,182x_4 + 0,009x_5 \geq 19,5$
- $0,017x_1 + 0,003x_2 + 0,088x_3 + 0,25x_4 + 0,002x_5 \geq 21$
- $0,771x_1 + 0,054x_2 + 0,135x_3 + 0x_4 + 0,112 \geq 90$
- $1,47x_1 + 0,73x_2 + 1,55x_3 + 0,14x_4 + 0,33x_5 \geq 360$
- $0x_1 + 0,57x_2 + 0,24x_3 + 5,913x_4 + 0,3x_5 \geq 120$
- $0,018x_1 + 0,025x_2 + 0,04x_3 + 0,015x_4 + 0,004x_5 \geq 4,5$
- $0x_1 + 36x_2 + 0x_3 + 2,45x_4 + 0,45x_5 \geq 180$
- $0,002x_1 + 0,0007x_2 + 0,0017x_3 + 0,0008x_4 + 0,00008x_5 \geq 0,33$
- $0x_1 + 0,52x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0,49x_5 \geq 19,5$

$$\begin{aligned}
0,002x_1 + 0,01x_2 + 0,014x_3 + 0x_4 + 0,006x_5 &\geq 8,7 \\
15,25x_1 + 10x_2 + 15x_3 + 40,58x_4 + 12x_5 &\leq 10000 \\
x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 &\geq 0
\end{aligned}$$

**Kombinasi 3**

$$Min Z = 15,25x_1 + 10x_2 + 12x_3 + 28x_4 + 11x_5$$

Kendala:

$$\begin{aligned}
3,57x_1 + 0,36x_2 + 0,8x_3 + 1,62x_4 + 1,2x_5 &\geq 615 \\
0,084x_1 + 0,035x_2 + 0,109x_3 + 0,128x_4 + 0,012x_5 &\geq 19,5 \\
0,017x_1 + 0,005x_2 + 0,047x_3 + 0,115x_4 + 0,002x_5 &\geq 21 \\
0,771x_1 + 0,065x_2 + 0,008x_3 + 0,007x_4 + 0,318x_5 &\geq 90 \\
1,47x_1 + 2,67x_2 + 2,23x_3 + 0,54x_4 + 0,1x_5 &\geq 360 \\
0x_1 + 1,94x_2 + 0,2213x_3 + 0,3x_4 + 0,22x_5 &\geq 120 \\
0,018x_1 + 0,39x_2 + 0,034x_3 + 0,027x_4 + 0,008x_5 &\geq 4,5 \\
0x_1 + 55,8x_2 + 0x_3 + 9x_4 + 0x_5 &\geq 180 \\
0,002x_1 + 0,0008x_2 + 0,001x_3 + 0,001x_4 + 0,0006x_5 &\geq 0,33 \\
0x_1 + 0,8x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0,1x_5 &\geq 19,5 \\
0,002x_1 + 0,008x_2 + 0,001x_3 + 0x_4 + 0,0053x_5 &\geq 8,7 \\
15,25x_1 + 10x_2 + 12x_3 + 28x_4 + 11x_5 &\leq 10000 \\
x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 &\geq 0
\end{aligned}$$

**Kombinasi 4**

$$Min Z = 15,25x_1 + 15x_2 + 15x_3 + 28x_4 + 12x_5$$

Kendala:

$$\begin{aligned}
3,57x_1 + 0,42x_2 + 2,01x_3 + 1,62x_4 + 0,45x_5 &\geq 615 \\
0,084x_1 + 0,012x_2 + 0,208x_3 + 0,128x_4 + 0,09x_5 &\geq 19,5 \\
0,017x_1 + 0,003x_2 + 0,088x_3 + 0,115x_4 + 0,002x_5 &\geq 21 \\
0,771x_1 + 0,093x_2 + 0,135x_3 + 0,07x_4 + 0,112x_5 &\geq 90 \\
1,47x_1 + 0,39x_2 + 1,55x_3 + 0,54x_4 + 0,33x_5 &\geq 360 \\
0x_1 + 0,14x_2 + 0,24x_3 + 0,30x_4 + 0,3x_5 &\geq 120 \\
0,018x_1 + 0,010x_2 + 0,04x_3 + 0,027x_4 + 0,004x_5 &\geq 4,5 \\
0x_1 + 120x_2 + 0x_3 + 1,81x_4 + 9x_5 &\geq 180 \\
0,002x_1 + 0,0004x_2 + 0,0017x_3 + 0,001x_4 + 0,0008x_5 &\geq 0,33 \\
0x_1 + 0,06x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0,49x_5 &\geq 19,5 \\
0,002x_1 + 0,01x_2 + 0,014x_3 + 0x_4 + 0,006x_5 &\geq 8,7 \\
15,25x_1 + 15x_2 + 15x_3 + 28x_4 + 12x_5 &\leq 10000 \\
x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 &\geq 0
\end{aligned}$$

**Kombinasi 5**

$$Min Z = 15,25x_1 + 10x_2 + 15x_3 + 34x_4 + 12x_5$$

Kendala:

$$\begin{aligned}
3,57x_1 + 0,29x_2 + 2,01x_3 + 1x_4 + 0,45x_5 &\geq 615 \\
0,084x_1 + 0,03x_2 + 0,208x_3 + 0,137x_4 + 0,09x_5 &\geq 19,5 \\
0,017x_1 + 0,003x_2 + 0,088x_3 + 0,015x_4 + 0,002x_5 &\geq 21 \\
0,771x_1 + 0,054x_2 + 0,135x_3 + 0,08x_4 + 0,112x_5 &\geq 90 \\
1,47x_1 + 0,73x_2 + 1,55x_3 + 0,92x_4 + 0,33x_5 &\geq 360 \\
0x_1 + 0,57x_2 + 0,24x_3 + 0x_4 + 0,3x_5 &\geq 120 \\
0,018x_1 + 0,025x_2 + 0,04x_3 + 0,017x_4 + 0,004x_5 &\geq 4,5 \\
0x_1 + 3,6x_2 + 0x_3 + 1,81x_4 + 0,45x_5 &\geq 180 \\
0,002x_1 + 0,0007x_2 + 0,0017x_3 + 0,0035x_4 + 0,0008x_5 &\geq 0,33 \\
0x_1 + 0,052x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0,49x_5 &\geq 19,5 \\
0,002x_1 + 0,01x_2 + 0,014x_3 + 0x_4 + 0,006x_5 &\geq 8,7 \\
15,25x_1 + 10x_2 + 15x_3 + 34x_4 + 12x_5 &\leq 10000 \\
x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 &\geq 0
\end{aligned}$$

## Implementasi Python

Seluruh lima kombinasi menu berhasil diselesaikan dengan metode Simpleks menggunakan python dan menghasilkan solusi layak (*feasible*). Berikut ini proses perhitungan menggunakan python:

```

1 # Import library yang diperlukan
2 from scipy.optimize import linprog
3
4 # Parameter masalah
5 # Fungsi objektif (maksimumkan)
6 MAKS = [ ]
7
8 # Batas-batas masalah (batas kanan)
9 # Batas-batas masalah (batas kiri)
10 # Batas-batas masalah (batas kanan)
11 # Batas-batas masalah (batas kiri)
12 # Batas-batas masalah (batas kanan)
13 # Batas-batas masalah (batas kiri)
14 # Batas-batas masalah (batas kanan)
15 # Batas-batas masalah (batas kiri)
16 # Batas-batas masalah (batas kanan)
17 # Batas-batas masalah (batas kiri)
18 # Batas-batas masalah (batas kanan)
19 # Batas-batas masalah (batas kiri)
20 # Batas-batas masalah (batas kanan)
21 # Batas-batas masalah (batas kiri)
22 # Batas-batas masalah (batas kanan)
23 # Batas-batas masalah (batas kiri)
24 # Batas-batas masalah (batas kanan)
25 # Batas-batas masalah (batas kiri)
26 # Batas-batas masalah (batas kanan)
27 # Batas-batas masalah (batas kiri)
28 # Batas-batas masalah (batas kanan)
29 # Batas-batas masalah (batas kiri)
30 # Batas-batas masalah (batas kanan)
31 # Batas-batas masalah (batas kiri)
32 # Batas-batas masalah (batas kanan)
33 # Batas-batas masalah (batas kiri)
34 # Batas-batas masalah (batas kanan)
35 # Batas-batas masalah (batas kiri)
36 # Batas-batas masalah (batas kanan)
37 # Batas-batas masalah (batas kiri)
38 # Batas-batas masalah (batas kanan)
39 # Batas-batas masalah (batas kiri)
40 # Batas-batas masalah (batas kanan)
41 # Batas-batas masalah (batas kiri)
42 # Batas-batas masalah (batas kanan)
43 # Batas-batas masalah (batas kiri)
44 # Batas-batas masalah (batas kanan)
45 # Batas-batas masalah (batas kiri)
46 # Batas-batas masalah (batas kanan)
47 # Batas-batas masalah (batas kiri)
48 # Batas-batas masalah (batas kanan)
49 # Batas-batas masalah (batas kiri)
50 # Batas-batas masalah (batas kanan)
51 # Batas-batas masalah (batas kiri)
52 # Batas-batas masalah (batas kanan)
53 # Batas-batas masalah (batas kiri)
54 # Batas-batas masalah (batas kanan)
55 # Batas-batas masalah (batas kiri)
56 # Batas-batas masalah (batas kanan)
57 # Batas-batas masalah (batas kiri)
58 # Batas-batas masalah (batas kanan)
59 # Batas-batas masalah (batas kiri)
60 # Batas-batas masalah (batas kanan)
61 # Batas-batas masalah (batas kiri)
62 # Batas-batas masalah (batas kanan)
63 # Batas-batas masalah (batas kiri)
64 # Batas-batas masalah (batas kanan)
65 # Batas-batas masalah (batas kiri)
66 # Batas-batas masalah (batas kanan)
67 # Batas-batas masalah (batas kiri)
68 # Batas-batas masalah (batas kanan)
69 # Batas-batas masalah (batas kiri)
70 # Batas-batas masalah (batas kanan)
71 # Batas-batas masalah (batas kiri)
72 # Batas-batas masalah (batas kanan)
73 # Batas-batas masalah (batas kiri)
74 # Batas-batas masalah (batas kanan)
75 # Batas-batas masalah (batas kiri)
76 # Batas-batas masalah (batas kanan)
77 # Batas-batas masalah (batas kiri)
78 # Batas-batas masalah (batas kanan)
79 # Batas-batas masalah (batas kiri)
80 # Batas-batas masalah (batas kanan)
81 # Batas-batas masalah (batas kiri)
82 # Batas-batas masalah (batas kanan)
83 # Batas-batas masalah (batas kiri)
84 # Batas-batas masalah (batas kanan)
85 # Batas-batas masalah (batas kiri)
86 # Batas-batas masalah (batas kanan)
87 # Batas-batas masalah (batas kiri)
88 # Batas-batas masalah (batas kanan)
89 # Batas-batas masalah (batas kiri)
90 # Batas-batas masalah (batas kanan)
91 # Batas-batas masalah (batas kiri)
92 # Batas-batas masalah (batas kanan)
93 # Batas-batas masalah (batas kiri)
94 # Batas-batas masalah (batas kanan)
95 # Batas-batas masalah (batas kiri)
96 # Batas-batas masalah (batas kanan)
97 # Batas-batas masalah (batas kiri)
98 # Batas-batas masalah (batas kanan)
99 # Batas-batas masalah (batas kiri)
100 # Batas-batas masalah (batas kanan)

```

Gambar 1. Input Data dengan Python

```

56 # KODEMASUKI 2
57 # =====
58 c2 = [15, 25, 18, 15, 40, 55, 12]
59
60 # =====
61 # Batas-batas masalah (batas kanan)
62 # Batas-batas masalah (batas kiri)
63 # Batas-batas masalah (batas kanan)
64 # Batas-batas masalah (batas kiri)
65 # Batas-batas masalah (batas kanan)
66 # Batas-batas masalah (batas kiri)
67 # Batas-batas masalah (batas kanan)
68 # Batas-batas masalah (batas kiri)
69 # Batas-batas masalah (batas kanan)
70 # Batas-batas masalah (batas kiri)
71 # Batas-batas masalah (batas kanan)
72 # Batas-batas masalah (batas kiri)
73 # Batas-batas masalah (batas kanan)
74 # Batas-batas masalah (batas kiri)
75 # Batas-batas masalah (batas kanan)
76 # Batas-batas masalah (batas kiri)
77 # Batas-batas masalah (batas kanan)
78 # Batas-batas masalah (batas kiri)
79 # Batas-batas masalah (batas kanan)
80 # Batas-batas masalah (batas kiri)
81 # Batas-batas masalah (batas kanan)
82 # Batas-batas masalah (batas kiri)
83 # Batas-batas masalah (batas kanan)
84 # Batas-batas masalah (batas kiri)
85 # Batas-batas masalah (batas kanan)
86 # Batas-batas masalah (batas kiri)
87 # Batas-batas masalah (batas kanan)
88 # Batas-batas masalah (batas kiri)
89 # Batas-batas masalah (batas kanan)
90 # Batas-batas masalah (batas kiri)
91 # Batas-batas masalah (batas kanan)
92 # Batas-batas masalah (batas kiri)
93 # Batas-batas masalah (batas kanan)
94 # Batas-batas masalah (batas kiri)
95 # Batas-batas masalah (batas kanan)
96 # Batas-batas masalah (batas kiri)
97 # Batas-batas masalah (batas kanan)
98 # Batas-batas masalah (batas kiri)
99 # Batas-batas masalah (batas kanan)

```

Gambar 2. Input Data dengan Python

```

100 # KODEMASUKI 3
101 # =====
102 # Batas-batas masalah (batas kanan)
103 # Batas-batas masalah (batas kiri)
104 # Batas-batas masalah (batas kanan)
105 # Batas-batas masalah (batas kiri)
106 # Batas-batas masalah (batas kanan)
107 # Batas-batas masalah (batas kiri)
108 # Batas-batas masalah (batas kanan)
109 # Batas-batas masalah (batas kiri)
110 # Batas-batas masalah (batas kanan)
111 # Batas-batas masalah (batas kiri)
112 # Batas-batas masalah (batas kanan)
113 # Batas-batas masalah (batas kiri)
114 # Batas-batas masalah (batas kanan)
115 # Batas-batas masalah (batas kiri)
116 # Batas-batas masalah (batas kanan)
117 # Batas-batas masalah (batas kiri)
118 # Batas-batas masalah (batas kanan)
119 # Batas-batas masalah (batas kiri)
120 # Batas-batas masalah (batas kanan)
121 # Batas-batas masalah (batas kiri)
122 # Batas-batas masalah (batas kanan)
123 # Batas-batas masalah (batas kiri)
124 # Batas-batas masalah (batas kanan)
125 # Batas-batas masalah (batas kiri)
126 # Batas-batas masalah (batas kanan)
127 # Batas-batas masalah (batas kiri)
128 # Batas-batas masalah (batas kanan)
129 # Batas-batas masalah (batas kiri)
130 # Batas-batas masalah (batas kanan)
131 # Batas-batas masalah (batas kiri)
132 # Batas-batas masalah (batas kanan)
133 # Batas-batas masalah (batas kiri)
134 # Batas-batas masalah (batas kanan)
135 # Batas-batas masalah (batas kiri)
136 # Batas-batas masalah (batas kanan)
137 # Batas-batas masalah (batas kiri)
138 # Batas-batas masalah (batas kanan)
139 # Batas-batas masalah (batas kiri)
140 # Batas-batas masalah (batas kanan)
141 # Batas-batas masalah (batas kiri)
142 # Batas-batas masalah (batas kanan)
143 # Batas-batas masalah (batas kiri)
144 # Batas-batas masalah (batas kanan)
145 # Batas-batas masalah (batas kiri)
146 # Batas-batas masalah (batas kanan)
147 # Batas-batas masalah (batas kiri)
148 # Batas-batas masalah (batas kanan)
149 # Batas-batas masalah (batas kiri)
150 # Batas-batas masalah (batas kanan)
151 # Batas-batas masalah (batas kiri)
152 # Batas-batas masalah (batas kanan)
153 # Batas-batas masalah (batas kiri)
154 # Batas-batas masalah (batas kanan)
155 # Batas-batas masalah (batas kiri)
156 # Batas-batas masalah (batas kanan)
157 # Batas-batas masalah (batas kiri)
158 # Batas-batas masalah (batas kanan)
159 # Batas-batas masalah (batas kiri)
160 # Batas-batas masalah (batas kanan)

```

Gambar 3. Input Data dengan Python

## Pemenuhan Zat Gizi Menu Optimal (K2)

Berdasarkan hasil optimasi menggunakan metode program linear dengan bantuan pustaka *SciPy*, diperoleh bahwa kombinasi menu K2 merupakan solusi optimal dengan biaya minimum sebesar Rp 9.428,87.

Hasil optimasi menunjukkan bahwa seluruh kebutuhan zat gizi dalam model dapat terpenuhi dengan biaya yang relatif efisien. Pemilihan bahan pangan dalam solusi optimal cenderung mengarah pada bahan dengan rasio kandungan gizi terhadap harga yang paling tinggi, sehingga menghasilkan kombinasi yang ekonomis sekaligus memenuhi kebutuhan nutrisi.

Tabel 4. Pemenuhan Zat Gizi Menu K2 terhadap Target AKG 30%

Zat Gizi	Target AKG 30%	Status
Energi (kkal)	615	✓
Protein (g)	19,5	✓
Lemak (g)	21,0	✓
Karbohidrat (g)	90,0	✓
Serat (g)	8,7	✓
Kalsium (mg)	360	✓
Besi/Fe (mg)	4,5	✓
Folat (mcg)	120	✓
Vitamin A (RE)	180	✓
Vitamin B1 (mg)	0,33	✓
Vitamin C (mg)	19,5	✓

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2026).

Secara keseluruhan, menu K2 mampu memenuhi seluruh sebelas kendala gizi yang ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa model optimasi yang digunakan efektif dalam menghasilkan kombinasi menu dengan biaya minimum tanpa mengabaikan aspek kecukupan gizi.

## Perbandingan Seluruh Kombinasi Menu

Tabel 5 merangkum perbandingan hasil optimasi kelima kombinasi menu, menampilkan biaya optimal dan persentase pemenuhan zat gizi utama.

**Tabel 5.** Perbandingan Hasil Optimasi Lima Kombinasi Menu MBG

Menu	Bahan Utama	Biaya Optimal	Status
K1	Beras, Bayam, Tahu, Ayam, Pisang	–	Tidak Feasible
K2	Beras, Kangkung, Tempe, Ayam, Jeruk	Rp 9.428,87	OPTIMAL
K3	Beras, Bayam, Tahu, Telur, Pisang	–	Tidak Feasible
K4	Beras, Wortel, Tempe, Telur, Jeruk	Rp 9.612,07	Feasible
K5	Beras, Kangkung, Tempe, Ikan, Jeruk	Rp 9.437,48	Feasible

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2026).

Berdasarkan Tabel 10, hanya tiga kombinasi menu yang menghasilkan solusi *feasible*, yaitu K2, K4, dan K5. Kombinasi K1 dan K3 tidak menghasilkan solusi karena adanya konflik antar kendala gizi dan batasan biaya, sehingga tidak terdapat daerah *feasible* dalam model matematis. Di antara solusi yang tersedia, menu K2 merupakan kombinasi optimal dengan biaya minimum sebesar Rp 9.428,87. Selisih biaya antara K2 dan K5 relatif sangat kecil, sedangkan K4 memiliki biaya yang lebih tinggi dibandingkan K2. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan program linear mampu mengidentifikasi kombinasi bahan pangan yang paling efisien dalam memenuhi kebutuhan gizi. Namun demikian, model ini belum mempertimbangkan aspek variasi pangan dan preferensi konsumsi, sehingga dalam implementasi nyata perlu dikombinasikan dengan pertimbangan praktis lainnya agar menu yang dihasilkan lebih beragam dan dapat diterima oleh konsumen.

## D. Kesimpulan dan Saran

### 1. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil membangun model optimasi biaya menu Makan Bergizi Gratis (MBG) menggunakan pendekatan program linear berbantuan *SciPy* yang mengintegrasikan kebutuhan zat gizi sebesar 30% Angka Kecukupan Gizi (AKG) dengan batasan biaya. Hasil analisis menunjukkan bahwa dari lima kombinasi menu yang diuji, hanya tiga kombinasi yang memenuhi seluruh kendala, sedangkan dua kombinasi lainnya tidak menghasilkan solusi *feasible*. Di antara kombinasi yang *feasible*, menu K2 merupakan solusi optimal dengan biaya minimum sebesar Rp9.428,87. Hasil ini menunjukkan bahwa metode program linear efektif dalam menentukan kombinasi bahan pangan berbiaya minimum tanpa mengabaikan pemenuhan kebutuhan gizi. Namun, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena hanya mempertimbangkan biaya bahan pangan dan kebutuhan zat gizi, serta belum memasukkan faktor-faktor lain yang memengaruhi pelaksanaan program MBG, seperti biaya transportasi, biaya pengolahan atau memasak, penggunaan air dan energi, ketersediaan bahan pangan, serta aspek preferensi dan keberagaman menu. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan model yang lebih komprehensif dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut agar hasil optimasi tidak hanya optimal secara matematis, tetapi juga lebih realistis dan aplikatif dalam pelaksanaan program MBG.

### 2. Saran

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas Perdagangan Kota Padang atas data harga pangan yang digunakan dalam penelitian ini, serta kepada rekan-rekan di Program Studi Tadris Matematika Universitas Imam Bonjol Padang atas diskusi dan masukan konstruktif selama proses penelitian berlangsung.

## E. Daftar Pustaka

- Badan Gizi Nasional Republik Indonesia. (2025). *Petunjuk teknis tata kelola penyelenggaraan program makan bergizi gratis tahun anggaran 2026* (Nomor 401.1 Tahun 2025).
- Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan. (2023). *Survei Kesehatan Indonesia*

- 2023 dalam angka. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Bahri, S., Wibowo, V. R., Nisa, A. K., Razaqi, A., Khairunnisa, M., Zulkarman, R., & Hibatullah, A. N. (2025). Pemodelan matematika penentuan komposisi gizi menu Makan Bergizi Gratis untuk siswa sekolah dasar dengan metode simpleks. *Mandalika Mathematics and Education Journal*, 7(4).
- Dinas Perdagangan Kota Padang. (2026). *Informasi harga pangan Pasarami*. <https://pasarami.padang.go.id>
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2021). *Introduction to operations research*. McGraw-Hill Education.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2018). *Tabel komposisi pangan Indonesia*. Direktorat Jenderal Kesehatan Masyarakat.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 tentang angka kecukupan gizi yang dianjurkan untuk masyarakat Indonesia*. Kementerian Kesehatan RI.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2020). *Tabel Komposisi Pangan Indonesia*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 83 Tahun 2024 tentang Badan Gizi Nasional. (2024). *Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2024 Nomor 173*. Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Presiden Republik Indonesia. (2024). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 83 Tahun 2024 tentang Badan Gizi Nasional*. Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Presiden Republik Indonesia. (2025). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 115 Tahun 2025 tentang Tata Kelola Penyelenggaraan Program Makan Bergizi Gratis*. Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Putri, F., Kandarina, B. I., & Helmyati, S. (2024). Optimasi pemenuhan zat gizi dan penyusunan menu untuk pencegahan kekurangan energi kronik pada wanita prakonsepsi. *Jurnal Gizi Klinik Indonesia*, 20(3), 115–125.
- SciPy Developers. (2026). *Scipy.optimize.linprog documentation*. SciPy.
- Taha, H. A. (2017). *Operations research: An introduction*. Pearson.
- UNICEF. (2020). *Situasi anak di Indonesia: Tren, peluang, dan tantangan dalam memenuhi hak-hak anak*. UNICEF Indonesia.
- Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T. E., Haberland, M., Reddy, T., Cournapeau, D., Burovski, E., Peterson, P., Weckesser, W., Bright, J., van der Walt, S. J., Brett, M., Wilson, J., Millman, K. J., Mayorov, N., Nelson, A. R. J., Jones, E., Kern, R., Larson, E., ... SciPy 1.0 Contributors. (2020). *SciPy 1.0: Fundamental algorithms for scientific computing in Python*. *Nature Methods*, 17, 261–272.
- Wahyuni, D. R. N., Yulita, I., Putri, N. A., Fatatin, R. B., Yanti, S. D., Sanayah, W., & Farisi, O. I. R. (2025). Penerapan riset operasi dalam optimalisasi bahan pangan makan bergizi gratis (MBG). *NJME (Nurul Jadid Mathematics Education Journal)*, 2(2), 1–5.
- Yesi, E., & Annur, M. F. (2025). The influence of nutritious food consumption patterns in the free nutritional meal program (MBG) on the mathematics learning achievement of students at SDS Maniamas Ngabang. *Riemann: Research of Mathematics and Mathematics Education*, 7(2), 160–167.
- Zahra, N. L., Chandra, D. N., Mansyur, M., & Fahmida, U. (2023). Designing optimal food-based recommendations and nutrient-dense canteen menu for oil and gas workers using *linear programming*: A preliminary study in oil and gas worksite in East Kalimantan, Indonesia. *Nutrients*, 15(19), 4132.