

Analisis Variasi Parameter terhadap Optimasi Produksi Bakso dengan Pendekatan Metode Interior-Point

Agustina Pradjaningsih^{1*}, Syayidah Umrotul Islamiyah², Kiswara Agung Santoso³, Apriani Soepardi⁴

^{1,2,3}Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember, Jawa Timur, Indonesia

⁴Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Jl. Padjajaran, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

E-mail: ^{1*}agustina.fmipa@unej.ac.id

*Corresponding Author

ABSTRACT

UMKM Pentol Bakso Bu Nurus produce various variants of frozen meatballs with limited resources and instability in the supply of raw materials. This research aims to optimize production to maximize profits by applying two interior-point method algorithms: Affine Scaling and Karmarkar. The optimization model is structured around product variants, production profits, product selling prices, the number of raw and supporting materials for each variant, and production costs. Next, a sensitivity analysis was conducted to assess the effect of changes in the availability of the main raw materials on the optimal solution. The results showed that both algorithms produced an optimal solution that was almost identical, resulting in a 20.9% increase in profit compared to the initial condition. Sensitivity analysis showed that the optimal solution remained stable when the meat supply was at intervals of $206,550 \text{ grams} < b_2 \leq 250,000 \text{ grams}$. These findings have practical implications for MSMEs in planning optimal production combinations and managing fluctuations in raw material availability without reducing profits.

Keywords: Affine Scaling, Sensitivity Analysis, Karmarkar, Interior Point Method,

ABSTRAK

UMKM Pentol Bakso Bu Nurus memproduksi berbagai varian bakso beku dengan keterbatasan sumber daya dan ketidakstabilan pasokan bahan baku. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan produksi untuk memperoleh keuntungan optimal dengan menerapkan dua algoritma metode titik interior, yaitu Affine Scaling dan Karmarkar. Model optimasi disusun berdasarkan varian produk, keuntungan produksi, harga jual produk, banyaknya bahan baku dan bahan pendukung untuk setiap varian, serta biaya produksi. Selanjutnya dilakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui pengaruh perubahan ketersediaan bahan baku utama terhadap solusi optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua algoritma menghasilkan solusi optimal yang hampir identik dengan peningkatan keuntungan sebesar 20,9% dibandingkan kondisi awal. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa solusi optimal tetap stabil ketika pasokan daging berada pada interval $206.550 \text{ gram} < b_2 \leq 250.000 \text{ gram}$. Temuan ini memberikan implikasi praktis bagi UMKM dalam merencanakan kombinasi produksi yang optimal serta mengelola fluktuasi ketersediaan bahan baku tanpa menurunkan tingkat keuntungan.

Kata kunci: Affine Scaling, Analisis Sensitivitas, Karmarkar, Metode Titik Interior

Dikirim: Juli 2025; Diterima: November 2025; Dipublikasikan: Maret 2026

Cara sitasi: Pradjaningsih, A., Islamiyah, S. U., Santoso, K. A. & Soepardi, A. (2026). Analisis Variasi Parameter terhadap Optimasi Produksi Bakso dengan Pendekatan Metode Interior-Point. *Teorema: Teori dan Riset Matematika*, 11(1), 65-74.

DOI: <https://dx.doi.org/10.25157/teorema.v10i1.20560>.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



PENDAHULUAN

Proses pembuatan bakso, sebagai produk olahan daging, meliputi penghalusan bahan dasar, penambahan bumbu, pembentukan, dan pemasakan. UMKM Pentol Bakso Bu Nurus mengembangkan bisnisnya dengan memproduksi berbagai varian bakso beku. Dalam menghadapi ketidakpastian pasokan bahan baku dan persaingan pasar yang semakin ketat, penerapan optimasi menjadi solusi untuk mencapai efisiensi produksi dan keuntungan maksimal. Optimasi dibedakan menjadi dua yaitu optimasi linier dan non linier. Salah satu optimasi linier adalah masalah pemrograman linier. Banyak aplikasi dari pemrograman linier seperti masalah pertahanan (Susdarwono, 2020), masalah penugasan (Muhtarulloh et al., 2024), alokasi keuangan (Yaqoob et al., 2021), produksi makanan (Riski et al., 2025) dan berbagai aplikasi yang lain. Proses pembuatan bakso merupakan salah satu permasalahan pemrograman linier.

Hillier & Lieberman (2015) menjelaskan bahwa metode titik interior merupakan pengembangan lebih lanjut dari metode simpleks, yang keduanya merupakan metode untuk menyelesaikan permasalahan program linier. Dua varian utama metode titik interior yaitu algoritma Affine Scaling dan Karmarkar, yang keduanya sangat efektif untuk menyelesaikan masalah optimasi dengan jumlah kendala dan variabel yang banyak. Dalam penjelasan Chong & Zak (2001), *Affine Scaling* bekerja dengan memilih titik awal sembarang dalam area feasible, kemudian melakukan transformasi ke pusat area tersebut sebelum bergerak menuju solusi optimal melalui lintasan tertentu. Sementara itu, Karmarkar memerlukan transformasi program linear ke dalam bentuk kanonik khusus terlebih dahulu, baru kemudian mencari solusi optimal dengan parameter yang telah ditentukan.

Implementasi algoritma *Affine Scaling* telah dibuktikan efektivitasnya melalui berbagai studi sebelumnya. Penelitian yang dilakukan Febrianti et al. (2019) berhasil mengidentifikasi volume produksi optimal untuk berbagai varian produk lidah buaya, sehingga mampu memaksimalkan keuntungan. Temuan menarik juga diungkapkan Pradjaningsih et al. (2019) yang menunjukkan efisiensi penyelesaian program linier interval, di mana interval sempit mengindikasikan stabilitas nilai optimal dalam kondisi dinamis. Studi Rochani et al. (2021) mengungkap bahwa penetapan titik awal yang layak dapat menyederhanakan proses iterasi dalam mencapai solusi optimal. Sementara itu, Yaqoob et al. (2021) membuktikan peningkatan signifikan profitabilitas perusahaan makanan LANA, dan Nuranggraini et al. (2021) menyatakan kenaikan keuntungan yang nyata di Industri Susu Rembangan pasca implementasi optimasi.

Implementasi algoritma Karmarkar dalam penelitian optimasi sebelumnya menunjukkan hasil yang signifikan. Amieni et al. (2021) dalam studinya menemukan adanya peningkatan profitabilitas yang nyata pada usaha Roti Habibi setelah penerapan teknik optimasi. Temuan serupa dilaporkan oleh Kemala & Winanda (2023) yang berhasil menentukan kapasitas produksi optimal untuk setiap varian produk Churro, sehingga berdampak positif terhadap peningkatan pendapatan.

Stabilitas solusi optimal hasil perhitungan dapat terpengaruh oleh fluktuasi harga dan ketersediaan bahan baku di pasar. Bazaraa et al. (2010) menekankan pentingnya analisis sensitivitas untuk menguji ketahanan solusi terhadap variasi parameter tanpa mengubah optimalitasnya. Beberapa penelitian telah mengaplikasikan pendekatan ini, seperti studi Adtria et al. (2021) yang menemukan stabilitas solusi optimal usaha makaroni Iko terhadap penambahan batasan kendala dan biaya operasional. Temuan serupa dilaporkan Ismail et al. (2022) mengenai ketahanan solusi optimal Mikaila Bakery terhadap variasi koefisien tujuan dalam batas tertentu. Penelitian Ahmad et al. (2023) juga menunjukkan solusi Sya'qila bakery tetap valid selama parameter berada dalam interval yang ditentukan. Khoirunnisa & Astuti (2023) berhasil mengidentifikasi rentang aman untuk variasi parameter produksi di Lyly bakery, sementara Pradjaningsih et al. (2023) menetapkan batas toleransi perubahan biaya dan ketersediaan bahan untuk Difa bakery.

Meskipun algoritma Affine Scaling dan Karmarkar telah terbukti efektif dalam optimasi produksi penelitian terdahulu, tetapi belum: (1) membandingkan kedua algoritma secara langsung pada konteks yang sama, (2) menerapkan analisis sensitivitas khusus untuk industri bakso beku, dan

(3) mengeksplorasi toleransi fluktuasi pasokan daging sebagai bahan baku utama. Penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan fokus pada UMKM Pentol Bakso Bu Nurus.

Dari uraian sebelumnya, maka penelitian ini penting dilakukan, untuk mengoptimalkan profitabilitas usaha Pentol Bakso Bu Nurus sekaligus mengantisipasi berfluktuasinya stok daging yang merupakan bahan baku utama bakso melalui analisis sensitivitas. Sedangkan studi komparatif kedua metode ini dilakukan untuk mengidentifikasi pendekatan yang memberikan solusi paling optimal.

METODE PENELITIAN

Penelitian diawali dengan mengkaji dan memahami jurnal serta buku yang berkaitan dengan optimasi, program linier, algoritma *Affine Scaling*, algoritma *Karmarkar*, dan analisis sensitivitas (Taha, 2017). Selanjutnya data primer diperoleh melalui wawancara secara langsung pada produsen bakso frozen yang berlokasi di Dusun Tundungan, Sidomojo, Krian, Sidoarjo. Data yang diambil berupa varian produk, keuntungan produksi, harga jual produk, banyaknya bahan baku dan bahan pendukung untuk setiap varian, serta biaya produksi.

Pemodelan data dan proses mencari solusi optimal akan dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Menentukan variabel keputusan

Variabel keputusan yang digunakan dalam penelitian ini berupa jenis varian yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Variabel Keputusan

Varian	Variabel	Varian	Variabel
Original	x_1	Mercon	x_7
Keju	x_2	Kasar	x_8
Jamur	x_3	Lava	x_9
Gajih	x_4	Hati	x_{10}
Telur puyuh	x_5	Tahu bakso	x_{11}
Telur asin	x_6	Siomay	x_{12}

2. Formula fungsi tujuan

Fungsi tujuan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu memaksimalkan keuntungan, seperti pada Persamaan 1,

Maksimalkan

$$Z = \sum_{j=1}^{12} c_j x_j \quad (1)$$

dengan c_j = keuntungan setiap varian dan x_j = nama varian

3. Formula fungsi kendala

Fungsi kendalanya meliputi kendala biaya produksi, bahan baku, dan bahan pendukung dengan formula fungsi sebagai berikut:

a. Kendala biaya produksi, seperti pada Persamaan 2,

$$\sum_{j=1}^{12} a_{1j} x_j \leq b_1 \quad (2)$$

b. Kendala bahan baku

Formula kendala bahan baku dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Formula Kendala Bahan Baku

Bahan Baku	Formula Kendala
Daging	$\sum_{j=1}^{12} a_{2j} x_j \leq b_2$
Tepung	$\sum_{j=1}^{12} a_{3j} x_j \leq b_3$

Bahan Baku	Formula Kendala
Penyedap	$\sum_{j=1}^{12} a_{4j}x_j \leq b_4$
Pengenyal	$\sum_{j=1}^{12} a_{5j}x_j \leq b_5$
Pengembang	$\sum_{j=1}^{12} a_{6j}x_j \leq b_6$
Telur	$\sum_{j=1}^{12} a_{7j}x_j \leq b_7$
Es Batu	$\sum_{j=1}^{12} a_{8j}x_j \leq b_8$

c. Kendala bahan pendukung

Formula kendala bahan baku dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Formula Kendala Bahan Pendukung

Bahan Pendukung	Formula Kendala
Keju	$\sum_{j=1}^{12} a_{9j}x_j \leq b_9$
Jamur	$\sum_{j=1}^{12} a_{10j}x_j \leq b_{10}$
Gajih	$\sum_{j=1}^{12} a_{11j}x_j \leq b_{11}$
Telur Puyuh	$\sum_{j=1}^{12} a_{12j}x_j \leq b_{12}$
Telur Asin	$\sum_{j=1}^{12} a_{13j}x_j \leq b_{13}$
Cabai	$\sum_{j=1}^{12} a_{14j}x_j \leq b_{14}$
Tetelan	$\sum_{j=1}^{12} a_{15j}x_j \leq b_{15}$
Sambal	$\sum_{j=1}^{12} a_{16j}x_j \leq b_{16}$
Hati	$\sum_{j=1}^{12} a_{17j}x_j \leq b_{17}$
Tahu	$\sum_{j=1}^{12} a_{18j}x_j \leq b_{18}$
Kulit Pangsit	$\sum_{j=1}^{12} a_{19j}x_j \leq b_{19}$

4. Pembuatan persamaan bentuk kanonik

Program linier akan diubah ke bentuk kanonik dengan menambahkan variabel *slack* untuk algoritma *Affine Scaling* karena batas kendalanya berupa pertidaksamaan kurang dari atau sama dengan ($\leq$), sehingga diperoleh bentuk persamaan dengan formulasi seperti pada Persamaan 3.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + Sl_j = b_i \quad (3)$$

Program linier juga harus diubah menjadi bentuk kanonik *Karmarkar* agar permasalahan dapat diselesaikan menggunakan algoritma *Karmarkar*. Formulasi bentuk kanonik *Karmarkar* seperti pada Persamaan 4-5 berikut.

Minimalkan

$$f = c'^T x \quad (4)$$

dengan kendala

$$\begin{aligned} A'x &= 0 \\ e^T x &= 1 \\ x &\geq 0 \end{aligned} \quad (5)$$

5. Penyelesaian menggunakan algoritma *Affine Scaling*

Langkah penyelesaian program linier dengan menggunakan *Affine Scaling* yaitu:

- Menentukan titik interior awal $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ yang berada di dalam daerah layak dan memenuhi semua kendala.
- Mendefinisikan matriks diagonal dari titik interior awal, seperti pada Persamaan 6.

$$D = \begin{bmatrix} x_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & x_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & x_3 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & x_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

- Menghitung koefisien baru fungsi kendala dan fungsi tujuan, seperti pada Persamaan 7

$$\tilde{A} = AD \text{ dan } \tilde{c} = Dc \quad (7)$$

dengan $\mathbf{A}$ koefisien fungsi kendala, $\tilde{\mathbf{A}}$ koefisien baru fungsi kendala, $\mathbf{D}$: matriks diagonal, $\mathbf{c}$: koefisien fungsi tujuan, $\tilde{\mathbf{c}}$: koefisien baru fungsi tujuan

- d. Menghitung proyeksi matriks, seperti pada Persamaan 8

$$\mathbf{P} = \mathbf{I}_n - \tilde{\mathbf{A}}^T (\tilde{\mathbf{A}} \tilde{\mathbf{A}}^T)^{-1} \tilde{\mathbf{A}} \quad (8)$$

dengan $\mathbf{P}$: matriks proyeksi dan $\mathbf{I}_n$: matriks identitas

- e. Menentukan arah gradien proyeksi dari fungsi tujuan, seperti pada Persamaan 9

$$\mathbf{c}_p = \mathbf{P} \tilde{\mathbf{c}} \quad (9)$$

dengan $\mathbf{c}_p$: gradien yang diproyeksikan dan $\mathbf{P}$: matriks proyeksi

- f. Mengidentifikasi komponen negatif dari $\mathbf{c}_p$ yang memiliki nilai absolut terbesar, seperti pada Persamaan 10

$$v = |\min(\mathbf{c}_p)| \quad (10)$$

- g. Menentukan titik baru pada ruang transformasi, seperti pada Persamaan 11

$$\tilde{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} + \frac{\alpha}{v} \mathbf{c}_p \quad (11)$$

dengan α berada pada rentang $(0,1)$.

- h. Mentransformasi titik baru ke ruang awal dan diperoleh titik untuk iterasi berikutnya, seperti pada Persamaan 12

- i. Mensubstitusikan titik ke fungsi tujuan, seperti pada Persamaan 13

$$\mathbf{Z} = \mathbf{c}^T \mathbf{x} \quad (13)$$

Apabila memenuhi kriteria pemberhentian $Z_{k+1} \leq Z_k$, maka iterasi dihentikan. Jika tidak, maka iterasi dilanjutkan ke langkah a dengan $\mathbf{x}$ adalah titik interior baru.

6. Penyelesaian menggunakan algoritma *Karmarkar*

Langkah penyelesaian permasalahan dengan menggunakan algoritma *Karmarkar* yaitu:

- a. Inisialisasi dengan menggunakan Persamaan 14

$$\begin{aligned} k &= 0 \\ \mathbf{x}^{(k)} &= \mathbf{a}_0 = \frac{\mathbf{e}}{n} \\ r &= \frac{1}{\sqrt{n(n-1)}} \end{aligned} \quad (14)$$

dengan $\mathbf{a}_0$: titik interior awal, $\mathbf{e}$: matriks kolom dengan masing-masing komponen 1, n : banyaknya variabel keputusan dalam bentuk kanonik, dan r : jari – jari

- b. Menentukan titik baru, seperti pada Persamaan 15

$$\mathbf{x}^{(k+1)} = \delta(\mathbf{x}^{(k)}) \quad (15)$$

dengan δ adalah pembaruan pemetaan yang mengikuti langkah berikut:

- 1) Definisikan matriks diagonal dan matriks koefisien baru fungsi kendala, seperti pada Persamaan 16

$$\mathbf{D}_k = \begin{bmatrix} x_1^{(k)} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & x_2^{(k)} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & x_3^{(k)} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & x_n^{(k)} \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$\mathbf{B}_k = \begin{bmatrix} \mathbf{A}' \mathbf{D}_k \\ \mathbf{e}^T \end{bmatrix}$$

dengan $\mathbf{D}_k$: matriks diagonal, $\mathbf{A}'$: matriks koefisien fungsi kendala, dan $\mathbf{B}_k$: matriks koefisien baru fungsi kendala dengan $\mathbf{B}_k$ merupakan matriks hasil penggabungan dari $\mathbf{A}\mathbf{D}_k$ dan $\mathbf{e}^T$

- 2) Menentukan matriks proyeksi, seperti pada Persamaan 17

$$\mathbf{P}_k = \mathbf{I}_n - \mathbf{B}_k^T (\mathbf{B}_k \mathbf{B}_k^T)^{-1} \mathbf{B}_k \quad (17)$$

dengan $\mathbf{P}_k$: matriks proyeksi dan $\mathbf{I}_n$: matriks identitas

- 3) Hitung proyeksi ortogonal ternormalisasi dengan menggunakan Persamaan 18

$$\hat{\mathbf{c}}^{(k)} = \frac{\mathbf{P}_k \mathbf{D}_k \mathbf{c}}{\|\mathbf{P}_k \mathbf{D}_k \mathbf{c}\|} \quad (18)$$

dengan $\hat{\mathbf{c}}^{(k)}$: proyeksi dari tingkat kemiringan

- 4) Menghitung vektor arah dengan menggunakan Persamaan 19

$$\mathbf{d}^{(k)} = -r \hat{\mathbf{c}}^{(k)} \quad (19)$$

dengan $\mathbf{d}^{(k)}$: vektor arah

- 5) Mencari nilai $\bar{\mathbf{x}}^{(k+1)}$ dengan menggunakan Persamaan 20

$$\bar{\mathbf{x}}^{(k+1)} = \mathbf{a}_0 + \alpha \mathbf{d}^{(k)} \quad (20)$$

dengan $\bar{\mathbf{x}}^{(k+1)}$: titik interior baru dan α : jarak langkah dengan $\alpha \in (0,1)$.

- 6) Menghitung titik baru dengan menerapkan transformasi invers $\mathbf{U}_k^{-1}$, seperti pada Persamaan 21

$$\mathbf{x}^{(k+1)} = \mathbf{U}_k^{-1}(\bar{\mathbf{x}}^{(k+1)}) = \frac{\mathbf{D}_k \bar{\mathbf{x}}^{(k+1)}}{\mathbf{e}^T \mathbf{D}_k \bar{\mathbf{x}}^{(k+1)}} \quad (21)$$

- c. Periksa kriteria pemberhentian, iterasi dihentikan jika memenuhi kondisi seperti pada Persamaan 22 berikut, dengan nilai ε sangat kecil mendekati nol.

$$\frac{\mathbf{c}^T \mathbf{x}^{(k+1)}}{\mathbf{c}^T \mathbf{a}_0} \leq \varepsilon \quad (22)$$

Jika tidak, maka dilakukan pengulangan iterasi ke langkah b dengan menetapkan $k = k + 1$.

7. Analisis sensitivitas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini akan membahas tentang hasil penerapan algoritma *Affine Scaling* dan *Karmarkar* pada optimasi produksi bakso serta analisis sensitivitas pada ketersediaan daging yang dihitung dengan menggunakan *Matrix Laboratory* (MATLAB). Data yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4, 5 dan 6 berikut.

Tabel 4. Data Biaya Produksi dan Keuntungan

Varian	Total Biaya Produksi (Rupiah) / pak	Keuntungan (Rupiah) /pak
Original (x_1)	28.850	3.150
Keju (x_2)	45.180	4.820
Jamur (x_3)	43.180	6.820
Gajih (x_4)	46.180	3.820
Puyuh (x_5)	53.550	6.450
Telur Asin (x_6)	56.050	3.950
Mercon (x_7)	46.680	3.320
Kasar (x_8)	47.780	5.220
Lava (x_9)	59.300	5.700
Ati (x_{10})	47.530	2.470

Varian	Total Biaya Produksi (Rupiah) / pak	Keuntungan (Rupiah) /pak
Tahu Bakso (x_{11})	31.575	4.425
Siomay (x_{12})	28.575	6.425
Persediaan biaya = 35.000.000		

Tabel 5. Data Kebutuhan Bahan Baku

Varian	Bahan Baku (gram) / pak						
	Daging	Tepung	Penyedap	Pengenyal	Pengembang	Telur	Es Batu
x_1	250	100	3	1	1	30	100
x_2	350	160	4	1,5	1,5	30	130
x_3	350	160	4	1,5	1,5	30	130
x_4	350	160	4	1,5	1,5	30	130
x_5	400	200	5	2,5	2,5	50	150
x_6	400	200	5	2,5	2,5	50	150
x_7	350	160	4	1,5	1,5	30	130
x_8	350	160	4	1,5	1,5	30	130
x_9	400	200	5	2,5	2,5	50	150
x_{10}	350	160	4	1,5	1,5	30	130
x_{11}	200	75	2,5	0,5	0,5	15	75
x_{12}	200	75	2,5	0,5	0,5	15	75
Persediaan (gram)	250.000	90.000	3.000	2.000	2.000	25.000	80.000

Tabel 6. Data Kebutuhan Bahan Pendukung

Varian Produk	Jenis Bahan Pendukung	Takaran Bahan Pendukung (gram) /pak	Persediaan Bahan Pendukung (gram) /pak
x_1	-	0	0
x_2	Keju	150	7.000
x_3	Jamur	125	7.000
x_4	Gajih	125	7.000
x_5	Puyuh	300	12.000
x_6	Telur Asin	325	9.000
x_7	Cabai	250	11.000
x_8	Tetelan	160	7.000
x_9	Sambal	330	9.000
x_{10}	Ati	170	8.000
x_{11}	Tahu	200	11.000
x_{12}	Kulit Pangsit	250	11.000

Hasil pemodelan fungsi tujuan dan kendala berdasarkan data tersebut adalah sebagai berikut.

$$\text{Maks } Z = 3150x_1 + 4820x_2 + 6820x_3 + 3820x_4 + 6450x_5 + 3950x_6 + 3320x_7 + 5220x_8 + 5700x_9 + 2470x_{10} + 4425x_{11} + 6425x_{12}$$

dengan kendala

$$28850x_1 + 45180x_2 + 43180x_3 + 46180x_4 + 53550x_5 + 56050x_6 + 46680x_7 + 47780x_8 + 59300x_9 + 47530x_{10} + 31575x_{11} + 28575x_{12} \leq 35000000$$

$$250x_1 + 350x_2 + 350x_3 + 350x_4 + 400x_5 + 400x_6 + 350x_7 + 350x_8 + 400x_9 + 350x_{10} + 200x_{11} + 200x_{12} \leq 250000$$

$$100x_1 + 160x_2 + 160x_3 + 160x_4 + 200x_5 + 200x_6 + 160x_7 + 160x_8 + 200x_9 + 160x_{10} + 75x_{11} + 75x_{12} \leq 90000$$

$$3x_1 + 4x_2 + 4x_3 + 4x_4 + 5x_5 + 5x_6 + 4x_7 + 4x_8 + 5x_9 + 4x_{10} + 2,5x_{11} + 2,5x_{12} \leq 3000$$

$$1x_1 + 1,5x_2 + 1,5x_3 + 1,5x_4 + 2,5x_5 + 2,5x_6 + 1,5x_7 + 1,5x_8 + 2,5x_9 + 1,5x_{10} + 0,5x_{11} + 0,5x_{12} \leq 2000$$

$$1x_1 + 1,5x_2 + 1,5x_3 + 1,5x_4 + 2,5x_5 + 2,5x_6 + 1,5x_7 + 1,5x_8 + 2,5x_9 + 1,5x_{10} + 0,5x_{11} + 0,5x_{12} \leq 2000$$

$$30x_1 + 30x_2 + 30x_3 + 30x_4 + 50x_5 + 50x_6 + 30x_7 + 30x_8 + 50x_9 + 30x_{10} + 15x_{11} + 15x_{12} \leq 25000$$

$$100x_1 + 130x_2 + 130x_3 + 130x_4 + 150x_5 + 150x_6 + 130x_7 + 130x_8 + 150x_9 + 130x_{10} + 75x_{11} + 75x_{12} \leq 80000$$

$$150x_2 \leq 7000$$

$$125x_3 \leq 7000$$

$$125x_4 \leq 7000$$

$$300x_5 \leq 12000$$

$$325x_6 \leq 9000$$

$$250x_7 \leq 11000$$

$$160x_8 \leq 7000$$

$$330x_9 \leq 9000$$

$$170x_{10} \leq 8000$$

$$200x_{11} \leq 11000$$

$$250x_{12} \leq 11000$$

Hasil pengolahan data pada MATLAB menghasilkan variabel solusi seperti pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Perbandingan Solusi pada *Affine Scaling* dan *Karmarkar*

Variabel Solusi	<i>Affine Scaling</i>	<i>Karmarkar</i>
Original	434,4993	434,4992
Keju	46,6667	46,6667
Jamur	56	56
Gajih	0	0,
Telur Puyuh	40	40
Telur Asin	0	0
Mercon	0	0
Kasar	43,75	43,75
Lava	27,2727	27,2727
Hati	0	0
Tahu Bakso	55	55
Siomay	44	44

Berdasarkan Tabel 7, nilai solusi dari penerapan algoritma *Affine Scaling* dan *Karmarkar* menghasilkan nilai yang hampir sama. Hasil pada Tabel 7 diperoleh dari pemilihan $\alpha = 0,9$ untuk algoritma *Affine Scaling* dan $\alpha = 0,25$ pada algoritma *Karmarkar*. Pemilihan kedua α tersebut berhasil membuat kedua algoritma melangkah hingga berhenti sama dekatnya dengan solusi optimal. Variabel solusi yang telah diperoleh akan dibulatkan ke bawah karena tidak mungkin untuk suatu produk diproduksi dalam jumlah desimal. Setelah pembulatan, maka variabel solusi untuk *Affine Scaling* dan *Karmarkar* akan bernilai sama, yaitu varian original sebanyak 434 pak, varian keju 46 pak, varian jamur 56 pak, varian gaji 0 pak, varian telur puyuh 40 pak, varian telur asin 0 pak, varian mercon 0 pak, varian kasar 43 pak, varian lava 27 pak, varian hati 0 pak, varian tahu bakso 55 pak, dan varian siomay 44 pak. Dengan memproduksi berdasarkan kombinasi jumlah produk pada Tabel

7, maka keuntungan dapat ditingkatkan sebesar 20,9% dengan nilai variabel solusi dan jumlah keuntungan yang sama pada algoritma *Affine Scaling* dan *Karmarkar*. Setelah solusi optimal diperoleh, akan dilanjutkan dengan analisis sensitivitas pada ketersediaan daging. Batas kanan kendala daging akan coba diubah sedemikian rupa hingga diperoleh batas interval yang tidak mengubah solusi optimal. Berdasarkan perhitungan pada MATLAB, dihasilkan interval yang sama pada algoritma *Affine Scaling* dan *Karmarkar* yaitu sebesar $206.550 \text{ gram} < b_2 \leq 250.000 \text{ gram}$ dengan jumlah keuntungan yang tetap sama.

KESIMPULAN

Algoritma *Affine Scaling* dan *Karmarkar* dapat diterapkan dalam optimasi produksi bakso. Hasil optimal yang diperoleh dari algoritma *Affine Scaling* dan *Karmarkar* bernilai sama dengan peningkatan keuntungan sebesar 20,9% dari keuntungan awal sebelum dilakukan optimasi. Perhitungan analisis sensitivitas pada perubahan ketersediaan daging dalam algoritma *Affine Scaling* dan *Karmarkar* menghasilkan interval yang sama yaitu $206.570 \text{ gram} < b_2 \leq 250.000 \text{ gram}$

REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, peneliti menggunakan dua algoritma titik interior yaitu *Affine Scaling* dan *Karmarkar*, dengan hasil solusi optimal yang diperoleh memiliki nilai yang sama. Penelitian-penelitian selanjutnya diharapkan dapat membandingkan penerapan algoritma *Affine Scaling* dan *Karmarkar* dengan algoritma titik interior lainnya yaitu algoritma *Khachiyan*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Jember melalui skema Hibah Internal Kelompok Riset-Pengabdian Kepada Masyarakat (Keris-Dimas) tahun 2025 atas dukungan, sumber daya, dan fasilitas yang telah diberikan dalam melaksanakan penelitian ini. Dengan bantuan tersebut, penelitian ini dapat berjalan dengan lancar. Kami juga menghargai bimbingan dan kontribusi yang tak ternilai dari para peneliti dan staf yang terlibat, terutama rekan-rekan kami di Keris-Dimas *Mathematical Optimization and Computations* (MOCO), Jurusan Matematika, yang telah memberikan wawasan dan saran yang berharga selama proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adtria, K. V., Kamid, K., & Rarasati, N. (2021). Analisis Sensitivitas Dalam Optimalisasi Jumlah Produksi Makaroni Iko Menggunakan Linear Programming. *Imajiner: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 3(2), 174–182. <https://doi.org/10.26877/imajiner.v3i2.8098>
- Ahmad, R., Katili, M. R., Mahmud, S. L., Wungguli, D., & Nashar, L. O. (2023). Analisis Sensitivitas Model Goal Programming Pada Optimasi Produksi Roti Menggunakan Metode Branch and Bound. *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains Dan Teknologi*, 11(2), 216–227. <https://doi.org/10.37905/euler.v11i2.22299>
- Amieni, T. F., Pradjaningsih, A., & Riski, A. (2021). Penerapan Algoritma Karmarkar Pada Optimasi Keuntungan (Studi Kasus Pada Produsen Roti Habibi). In A. Abdussakir, M. Jamhuri, & J. Juhari (Eds.), *Prosiding SI MaNIs (Seminar Nasional Integrasi Matematika dan Nilai Islami)* (Vol. 4, Issue 1, pp. 19–23). Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang, Indonesia. <https://conferences.uin-malang.ac.id/index.php/SIMANIS/article/view/1415>
- Bazaraa, M. S., Jarvis, J. J., & Sherali, H. D. (2010). Linear programming and network flows. In *Inc., Publication*.
- Chong, E. K. ., & Zak, S. H. (2001). *An Introduction to Optimization*.
- Febrianti, D., Kiftiah, M., & Yudhi. (2019). Optimasi Keuntungan Produksi Dengan Algoritma Titik Interior (Studi Kasus: Memaksimalkan Keuntungan Produksi Lidah Buaya I Sun Vera). *Bimaster* :

- Buletin Ilmiah Matematika, Statistika Dan Terapannya*, 8(2), 247–254.
<https://doi.org/10.26418/bbimst.v8i2.32158>
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). *Introduction to Operations Research*.
- Ismail, M., Achmad, N., & Mahmud, S. L. (2022). Analisis Sensitivitas dalam Optimasi Keuntungan Produksi Kue Ulang Tahun dengan Metode Branch and Bound. *Euler : Jurnal Ilmiah Matematika, Sains Dan Teknologi*, 10(2), 282–291. <https://doi.org/10.34312/euler.v10i2.15307>
- Kemala, A. T., & Winanda, R. S. (2023). Penerapan Algoritma Titik Interior dalam Optimasi Keuntungan pada Toko Churro.io. *Journal of Mathematics UNP*, 8(2), 42. <https://doi.org/10.24036/unpjomath.v8i2.14468>
- Khoirunnisa, D. R., & Astuti, Y. P. (2023). Analisis Sensitivitas Solusi Optimal Pada Integer Linear Programming Di Perusahaan Roti Lyly Bakery Lamongan. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 11(3), 468–477. <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v11n3.p468-477>
- Muhtarulloh, F., Nurhakim, R. A., Wulan, E. R., Sukaesih, E., & Khumaeroh, M. S. (2024). Optimasi Masalah Penugasan Menggunakan Maximum Range Column Method (MRCM). *Teorema: Teori Dan Riset Matematika*, 9(1), 143. <https://doi.org/10.25157/teorema.v9i1.12724>
- Nurangraini, L. V., Pradjaningsih, A., & Riski, A. (2021). Optimasi Produksi Susu Dengan Algoritma Affine Scaling (Studi Kasus Pada Industri Susu Rembangan Jember). In A. Abdussakir, M. Jamhuri, & J. Juhari (Eds.), *Prosiding Seminar Nasional Integrasi Matematika dan Nilai Islami* (Vol. 4, Issue 1, pp. 13–18). Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang, Indonesia. <https://conferences.uin-malang.ac.id/index.php/SIMANIS/article/view/1414%0A>
- Pradjaningsih, A., Fatmawati, & Suprajitno, H. (2019). Interior Point Method for Solving Linear Programming With Interval Coefficients Using Affine Scaling. *Far East Journal of Mathematical Sciences (FJMS)*, 111(2), 195–211. <https://doi.org/10.17654/ms111020195>
- Pradjaningsih, A., I'in, A. H., & Kusbudiono. (2023). Analisis Sensitivitas Optimasi Produksi Roti Menggunakan Metode Goal Programming. In H. Faizah, S. M. Purwasih, S. R. Fitriatien, & R. K. Putri (Eds.), *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika (SNPM)* (Vol. 1, Issue 2013, pp. 208–217). Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. <https://snpm.unipasby.ac.id/prosiding/index.php/snpm/article/view/211>
- Riski, A., Pradjaningsih, A., Sayyidah, D., & Munawaroh, A. (2025). OPTIMASI KEUNTUNGAN PRODUKSI MAKANAN DENGAN METODE SIMPLEKS BERBASIS POM - QM FOR WINDOWS (Studi Kasus : UMKM Bakmi & Nasi Goreng Jowo Mas Narto). *Mathvision: Jurnal Matematika*, 07(01), 46–52. <http://journal.unirow.ac.id/index.php/mv/issue/view/139>
- Rochani, H. S., Wiraningsih, E. D., & Hadi, I. (2021). Two-phase method in affine scaling algorithm for linear programming optimization. *Journal of Physics: Conference Series*, 1836(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1836/1/012028>
- Susdarwono, E. T. (2020). Pemrograman Linier Permasalahan Ekonomi Pertahanan: Metode Grafik Dan Metode Simpleks. *Teorema: Teori Dan Riset Matematika*, 5(1), 89. <https://doi.org/10.25157/teorema.v5i1.3246>
- Taha, H. A. (2017). *Operations Research An Introduction*. In London: Pearson Education Limited.
- Yaqoob, A. K., Junoh, A. K., Muhamad, W. Z. A. W., Ramli, M. F., Ghazali, N., & Alluwaici, M. (2021). Simplex And Interior Point Methods For Solving Budgetary Allocation Linear Programming Problem As IR4.0 Strategy. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 99(22), 5339–5350.