EULER: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi
Journal Homepage: http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/Euler
DOI: https://doi.org/10.37905/euler.v11i2.23007
Desember 2023, Vol. 11, No. 2, pp. 293-305

Modifikasi Metode *Big-M* dan Analisis Sensitivitasnya untuk Optimasi Produksi Usaha Kecil Menengah

Nurul Fadhilah[1*], Bayu Prihandono[2], Yudhi[3]
[1,2,3]Jurusan Matematika, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia
**Penulis Korespondensi. Email: nurullfadhilahh@student.untan.ac.id*

Abstrak

UKM (Usaha Kecil Menengah) X adalah usaha yang memproduksi berbagai jenis rempeyek. Rempeyek cocok untuk cemilan dan banyak digemari anak-anak hingga dewasa. Proses produksi UKM X berkaitan dengan jumlah permintaan dan ketersediaan bahan baku. Oleh karena itu, perencanaan produksi yang optimal dibutuhkan UKM X untuk memenuhi permintaan pelanggan dan mendapatkan keuntungan yang maksimum. Permasalahan produksi tersebut dimodelkan ke dalam pemrograman linear dengan metode yang digunakan yaitu, metode *Big-M*. Metode *Big-M* digunakan karena pada fungsi kendala yaitu pada target produksi terdapat pertidaksamaan $\geq$ sehingga dalam penyelesaiannya perlu tambahan variabel *artificial*. Pada penelitian ini, dilakukan modifikasi metode *Big-M* yaitu pada tahap penyelesaiannya menggunakan iterasi dengan algoritma determinan matriks ordo dua. Hasil perhitungan diperoleh keuntungan maksimum UKM X dalam seminggu yaitu Rp5.455.775 dengan memproduksi 56 kg rempeyek kacang tanah, 20 kg rempeyek teri, 16 kg rempeyek bayam, 23 kg rempeyek tempe, dan 60 kg rempeyek udang sehingga memenuhi permintaan pelanggan dan memanfaatkan ketersediaan bahan baku. Selanjutnnya, analisis sensitivitas dilakukan pada koefisien fungsi tujuan dan konstanta ruas kanan kendala untuk mengetahui bagaimana perubahan tersebut mempengaruhi solusi optimal. Hasil yang diperoleh yaitu solusi tetap optimal ketika keuntungan berada pada interval yang diperoleh namun nilai keuntungan maksimum berubah dengan produksi tetap. Berdasarkan hasil perhitungan, persediaan bahan baku tetap optimal ketika nilai perubahan berada pada interval yang didapatkan.

Kata Kunci: Analisis Sensitivitas; Metode *Big-M*; Usaha Kecil Menengah

Abstract

UKM (Small and Medium Enterprises) X is a business that produces various types of peanut brittle. Rempeyek is suitable as a snack and is popular with children and adults. The production process of UKM X is related to the quantity of demand and availability of raw materials. Therefore, optimal production planning is needed for UKM X to meet customer demand and obtain maximum profits. The problem of production is modeled into linear programming with the method used, namely, the method of Big-M. The Big-M method is used because, on the function of the barrier on the production target, there is an equation $\geq$, so artificial variables must be added to its solution. In this study, a modification of the Big-M method is made, and at the completion stage, it uses iteration with the determinant algorithm of the order of two matrices. The calculation results obtained the maximum profit of UKM X in a week of Rs5.455.775 by producing 56 kg of peanuts, 20 kg of seeds, 16 kg of spinach, 23 kg of tempe, and 60 kg of shrimp to meet customer requirements and utilize the availability of raw materials. Subsequently, sensitivity analysis is performed on the target function coefficient and the right street constants of the barrier to determine how the change affects the optimal solution. The results show that the solution remains optimal when profits are in the interval obtained, but the maximum profit value changes with constant production. Based on the calculation results, raw material supplies remain optimal when the change value is within the interval obtained.

Keywords: *Big-M Method; Sensitivity Analysis; Small and Medium Enterprises*

Submit: 12 November 2023, Revisi: 3 Desember 2023, Disetujui: 6 Desember 2023

1. Pendahuluan

Usaha Kecil Menengah (UKM) X adalah usaha yang memproduksi berbagai jenis rempeyek. Rempeyek cocok untuk cemilan dan banyak digemari anak-anak hingga dewasa. Ada lima jenis rempeyek yang diproduksi, yaitu rempeyek kacang tanah, teri, bayam, tempe dan udang. Proses produksi UKM X berkaitan dengan jumlah permintaan dan ketersediaan bahan baku. Oleh karena itu, perencanaan produksi yang optimal dibutuhkan UKM X untuk memenuhi permintaan pelanggan dengan memperhitungkan biaya produksi dan mendapatkan keuntungan yang maksimum. Riset operasi merupakan cabang ilmu terapan yang berhubungan dengan pendekatan kuantitatif menggunakan metode optimisasi untuk menyelesaikan permasalahan matematis hingga memperoleh penyelesaian optimal adalah riset operasi [1]. Pemrograman linear merupakan salah satu model riset operasi yang sering digunakan untuk menyelesaikan masalah optimisasi. Tujuan pemrograman linear yaitu untuk membuat suatu model yang bisa digunakan untuk pengambilan keputusan dalam mengalokasikan sumber daya yang digunakan perusahaan sehingga laba yang dihasilkan maksimum atau alternatif biayanya minimum [2].

Beberapa penelitian terkait pemrograman linear, dibahas oleh Susanti [3] yang melakukan optimalisasi produksi tahu dengan program linear metode simpleks. Hasil penelitiannya mengoptimalkan jumlah produksi sehingga keuntungan maksimum yang diperoleh mencapai Rp 148000 per hari. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Fikri [4] menggunakan program linear metode simpleks untuk optimalisasi keuntungan produksi makanan. Hasil penelitiannya mampu memaksimalkan keuntungan hingga mencapai Rp.750.000,-. Penelitian berikutnya dengan metode yang sama dilakukan oleh Susanto [5] berhasil memaksimalkan keuntungan harian pada industri rumahan sebesar Rp 285.387,- dalam sehari dengan mengoptimalkan jumlah produksi dan memperoleh penurunan biaya produksi dengan waktu produksi yang sama.

Selain metode simpleks, metode *Big-M* menjadi alternatif lain yang sering digunakan pada masalah optimalisasi. Hidayati dkk [6] menjelaskan terkait menentukan solusi optimal menggunakan metode *Big-M* dengan bantuan *software solver*. Diberikan masing-masing contoh kasus dengan fungsi tujuan memaksimumkan dan meminimumkan serta menganalisis sensitivitas menggunakan bantuan *software solver*. Sementara itu, Hariyani dkk [7] melakukan analisis sensitivitas pada parameter laba untuk sembilan jenis jenang dalam satu kali periode memasak dan menganalisis parameter kapasitas untuk mengetahui batas minimal dan maksimal persediaan agar solusi tetap optimal. Solusi optimal diperoleh menggunakan metode simpleks dengan bantuan *software* POM-QM versi 3.0. Hasil yang diperoleh dengan metode simpleks tidak dapat diterapkan karena semua jenis jenang diproduksi setiap hari, sehingga dihitung kembali dengan program bilangan bulat menghasilkan laba Rp. 2.162.834 dengan memproduksi masing-masing jenang dalam satu kali periode memasak.

Penelitian ini berfokus untuk mengoptimalkan keuntungan pada UKM X. Setelah permasalahan dibentuk ke dalam model matematika dalam penyelesaiannya harus menambahkan variabel *artificial* untuk menjadi variabel basis awal karena terdapat pembatas kendala $(\geq)$, yakni target produksi. Oleh karena itu, permasalahan tersebut tidak dapat diselesaikan dengan metode simpleks sehingga metode yang dapat digunakan yaitu Metode *Big-M* atau Metode Dua Fase [6]. Metode *Big-M* menggunakan pendekatan tabel simpleks yang hampir sama dengan metode simpleks dan menggunakan satu tahap penyelesaian, sedangkan Metode Dua Fase dalam menyelesaikan permasalahannya menggunakan dua tahap [2].

Terdapat beberapa penyelesaian dengan pendekatan tabel simpleks, diantaranya menggunakan operasi baris elementer dan algoritma determinan matriks ordo dua [8]. Perbedaan keduanya terletak pada iterasinya, namun menghasilkan solusi yang sama. Algoritma determinan ini cukup efisien dan lebih sederhana dibandingkan dengan iterasi menggunakan operasi baris elementer karena untuk memperbarui solusi cukup menghitung determinan matriks 2×2 terhadap setiap elemen-elemen dalam tabel simpleks pada iterasinya. Penyelesaian iterasi menggunakan operasi baris elementer dilakukan dengan menentukan terlebih dahulu operasi untuk setiap baris [9]. Pada penelitian ini, dilakukan modifikasi metode *Big-M* yaitu pada tahap penyelesaiannya menggunakan iterasi dengan algoritma determinan matriks ordo dua yang sebelumnya menggunakan operasi baris elementer. Tujuannya agar perhitungan dalam iterasnya dapat lebih efisien dan hemat waktu dengan hanya menghitung determinan matriks 2×2 terhadap setiap elemen dalam tabel simpleks.

Setelah mendapatkan solusi optimal, bukan berarti permasalahan tersebut sudah selesai, perlu dilakukan analisis pascaoptimal untuk menjelaskan bagaimana parameter pada model pemrograman linear yaitu koefisien fungsi tujuan dan nilai ruas kanan kendala dapat berubah tanpa mempengaruhi solusi optimal [10][11]. Analisis tersebut sering dinamakan dengan analisis sensitivitas.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah membentuk permasalahan optimasi produksi di UKM X ke dalam model pemrograman linear dan menentukan solusi optimal dengan fungsi tujuan memaksimumkan keuntungan menggunakan modifikasi metode *Big-M*. Selanjutnya dilakukan analisis sensitivitas pada koefisien fungsi tujuan variabel basis dan konstanta ruas kanan kendala untuk mengevaluasi bagaimana perubahan pada parameter model matematika mempengaruhi solusi optimal.

2. Metode Penelitian

2.1 Pemrograman Linear

Pemrograman linear adalah model yang membantu membuat keputusan untuk mengalokasikan sumber daya bisnis dengan cara terbaik ke berbagai opsi [2]. Tujuannya adalah mengatur sumber daya sehingga keuntungan akan maksimum atau biaya minimum. Sumber daya yang tersedia dan permintaan tergantung pada alokasi yang direncanakan [12]. Bentuk umum model pemrograman linear [2], yaitu:

Maksimumkan/Minimumkan

$$Z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \tag{1}$$

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n \tag{2}$$

dengan batasan atau kendala:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_j\ (\leq/=/\geq) b_i, \text{ untuk } i = 1,2,3,\dots,m \tag{3}$$

$$x_j \geq 0, \text{ untuk } j = 1,2,3,\dots,n$$

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n (\leq/=/\geq) b_1 \tag{4}$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n (\leq/=/\geq) b_2 \tag{5}$$

$$\vdots$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n (\leq/=/\geq) b_m \tag{6}$$

Keterangan:

Z : Fungsi tujuan yang dicari nilai optimalnya (maksimal/minimal).

c_j : Koefisien fungsi tujuan ke-j dengan $j = 1,2,\dots,n$.

x_j : Variabel keputusan ke-j dengan $j = 1,2,\dots,n$.

b_i : Sumber daya yang tersedia pada kendala ke-i dengan $i = 1,2,\dots,m$.

a_{ij} : Banyaknya sumber daya yang diperlukan pada kendala ke-i dan variabel keputusan ke-j, dengan $i = 1,2,\dots,m$ dan $j = 1,2,\dots,n$.

2.2 Metode Big-M

Pada permasalahan pemrograman linear terdapat beberapa tanda pada fungsi kendala yaitu $(\leq / = / \geq)$. Untuk fungsi kendala yang memiliki tanda pertidaksamaan $(\geq)$ dapat diubah menjadi persamaan dengan menambahkan variabel *surplus* yang bernilai positif dan dikurangkan pada sisi sebelah kiri fungsi kendala. Namun, perubahan ini mengakibatkan penyelesaian dengan metode simpleks akan sulit karena variabel *surplus* dapat bernilai negatif. Untuk mengatasi permasalahan ini, ditambahkan variabel *artificial* dan penyelesaiannya menggunakan metode *Big-M*. Variabel *artificial* pada metode *Big-M* diberikan suatu penalti dengan nilai yang besar pada fungsi tujuan. Dalam kasus fungsi tujuan maksimisasi ditambahkan $-M$ koefisien pada variabel *artficial* sedangkan untuk kasus fungsi tujuan minimisasi ditambahkan M koefisien pada variabel *artificial* [1]. Berikut diberikan tahapan untuk menyelesaikan permasalahan pemrograman linear dengan metode *Big-M* [13][14], yakni:

1) Membentuk permasalahan ke model matematika, yaitu merumuskan fungsi tujuan dan kendala ke model matematika agar lebih mudah mendefinisikan variabel basis ataupun non basisnya.
2) Menghitung nilai Z yang didapat dari hasil kali antara variabel basis (c_j) dengan elemen yang berada pada kolom koefisien variabel keputusan, yaitu sebagai berikut:
$$Z = \sum_{i=1}^{m} c_j a_{ij} \tag{7}$$
3) Menghitung nilai $z_j - c_j$, nilai tersebut merupakan selisih antara nilai koefisien fungsi tujuan (c_j) dan z_j.
4) Periksa apakah nilai sudah optimal atau belum. Jika nilai $z_j - c_j \geq 0$ maka solusi sudah optimal. Namun ketika nilai $z_j - c_j < 0$ maka dapat dilanjutkan pada langkah ke 5.
5) Nilai pada baris $z_j - c_j$ digunakan untuk menentukan variabel masuk. Untuk kasus maksimisasi, pilih nilai $z_j - c_j$ yang memiliki nilai negatif terbesar atau untuk kasus minimisasi, pilih nilai $z_j - c_j$ dengan nilai positif terbesar.
6) Untuk mengetahui variabel keluar, bagi nilai ruas kanan (b_i) dengan nilai pada variabel masuk, kemudian pilih baris yang memiliki rasio terkecil yang bernilai positif.
$$r_i = \frac{b_i}{a_{ik}} \tag{8}$$
7) Menghitung nilai koefisien baru untuk variabel masuk yaitu dengan membagi setiap nilai pada variabel keluar dengan elemen kunci.
8) Merevisi nilai baris lainnya dilakukan menggunakan operasi baris elementer. Nilai koefisien baru yang terpilih pada langkah ke 6 digunakan untuk memperoleh nilai koefisien pada baris lainnya.
9) Menyusun hasil perhitungan ke dalam tabel simpleks yang dihitung pada langkah ke 7 dan ke 8.
10) Ulangi kembali langkah ke 4.

2.3 Algoritma Determinan Matriks Ordo Dua

Ada beberapa tahap yang dilakukan untuk penyelesaian menggunakan iterasi algoritma determinan ordo dua [9], yaitu:

Tahap 1: Membentuk permasalahan ke dalam bentuk baku

Tahap 2: Menghitung nilai Z yang didapat dari hasil kali antara variabel basis (c_j) dengan elemen yang berada pada kolom koefisien variabel keputusan, yaitu sebagai berikut:
$$Z = \sum_{i=1}^{m} c_j a_{ij}$$

Tahap 3: Uji optimalisasi dapat dilihat jika nilai $z_j - c_j \geq 0$, maka solusi sudah optimal. Pada kasus maksimasi, akan tetapi jika $z_j - c_j < 0$ maka dilanjutkan ke tahap berikutnya. Untuk kasus minimasi, jika nilai $z_j - c_j \leq 0$, maka solusi sudah optimal, namun jika $z_j - c_j > 0$ maka perhitungan dilanjutkan ke tahap berikutnya.

Tahap 4: Iterasi menggunakan algoritma determinan matriks ordo dua

a) Memilih variabel masuk dapat dilihat dari nilai $z_j - c_j$. Untuk kasus maksimisasi, dipilih nilai $z_j - c_j$ yang memiliki nilai negatif terbesar. Sedangkan untuk kasus minimisasi, dilihat dari nilai $z_j - c_j$ yang mempunyai nilai positif terbesar.

b) Memilih variabel keluar dengan menghitung nilai $min\left\{\frac{x_B}{a_{ij}}\middle| a_{ij} > 0, a_{ij} \in \text{variabel masuk}\right\}$.

c) Membentuk solusi baru atau menyusun tabel simpleks menggunakan konsep determinan. Nilai pada elemen lainnya pada variabel keluar diubah menjadi nol, kecuali elemen kunci bernilai satu. Asumsikan a_{ij} sebagai elemen kunci, sehingga untuk memperoleh baris lainnya tergantung letak dari elemen kunci. Berikut diberikan beberapa kasus untuk memperoleh nilai pada baris baru, yaitu:

Kasus 1: Misalkan a_{rs} merupakan elemen dari matriks koefisien dengan $r < i,\ s < j$ maka bentuknya menjadi $det\begin{pmatrix} a_{rs} & a_{rj} \\ a_{is} & a_{ij} \end{pmatrix}$. Kemudian, distandarkan dengan cara elemen a_{rs} membagi elemen kunci.

Kasus 2: Misalkan a_{pq} merupakan elemen dari matriks koefisien dengan $p > i,\ q < j$ maka bentuknya menjadi $(-1).det\begin{pmatrix} a_{iq} & a_{ij} \\ a_{pq} & a_{pj} \end{pmatrix}$. Kemudian, distandarkan dengan cara elemen a_{pq} membagi elemen kunci.

Kasus 3: Misalkan a_{uv} merupakan elemen dari matriks koefisien dengan $u < i,\ v > j$ maka bentuknya menjadi $(-1).det\begin{pmatrix} a_{uj} & a_{uv} \\ a_{ij} & a_{iv} \end{pmatrix}$. Kemudian, distandarkan dengan cara elemen a_{uv} membagi elemen kunci.

Kasus 4: Misalkan a_{gh} merupakan elemen dari matriks koefisien dengan $g > i,\ h > j$ maka bentuknya menjadi $det\begin{pmatrix} a_{ij} & a_{ih} \\ a_{gj} & a_{gh} \end{pmatrix}$. Kemudian, distandarkan dengan cara elemen a_{gh} membagi elemen kunci.

Tahap 5: Ulangi tahap ke 3.

2.4 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas adalah metode yang digunakan untuk mengukur sejauh mana pengaruh perubahan pada variabel input seperti variabel dan kendala mempengaruhi hasil atau output suatu model matematika [15]. Analisis sensitivitas juga dikenal sebagai analisis pasca optimal, suatu analisis yang memungkinkan pengambilan keputusan alternatif tanpa mengganggu keadaan optimalitas atau analisis yang dilakukan setelah menemukan solusi optimal. Tujuan analisis sensitivitas selain digunakan untuk pengecekan adalah untuk mengurangi jumlah perhitungan yang dilakukan dan mencegah mengulangi perhitungan jika koefisien-koefisien berubah pada model pemrograman linear setelah mencapai tahap optimal.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Deskripsi Data

Ada lima jenis rempeyek yang diproduksi, yaitu rempeyek kacang, rempeyek teri, rempeyek bayam, rempeyek tempe, dan rempeyek udang. Pada proses produksi rempeyek setiap harinya digunakan tepung beras sebanyak 12 kg yang dibagi menjadi beberapa adonan untuk jenis rempeyeknya sehingga rempeyek yang dihasilkan adalah 20 kg. Jenis rempeyek yang diproduksi setiap hari yaitu rempeyek kacang dan rempeyek udang, sedangkan rempeyek tempe diproduksi tiga hari sekali, rempeyek teri diproduksi lima hari sekali dan rempeyek bayam satu minggu sekali. Berikut diberikan komposisi bahan baku yang digunakan untuk memproduksi 1 kg rempeyek dari kelima jenis rempeyek dan persediaan bahan baku selama satu minggu.

Tabel 1. Komposisi dan Persediaan Bahan Baku Rempeyek

Bahan Baku	Jenis Rempeyek (kg)					Persediaan (kg/minggu)
	Kacang Tanah	Teri	Bayam	Tempe	Udang	
Tepung Beras (kg)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	110
Minyak Goreng (kg)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	112
Telur (kg)	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	7
Bawang Putih (kg)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	15
Kencur (kg)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	12
Penyedap Rasa (kg)	0,02	0,015	0,02	0,02	0,15	4
Daun Jeruk (kg)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	11
Kacang Tanah (kg)	0,25	-	-	-	-	14
Teri (kg)	-	0,1	-	-	-	2
Bayam (kg)	-	-	0,5	-	-	8
Tempe (kg)	-	-	-	1	-	23
Udang (kg)	-	-	-	-	0,1	6

Keuntungan dari setiap jenis rempeyek berbeda-beda karena berdasarkan harga jual dan biaya produksi yang dikeluarkan. Keuntungan diperoleh dari selisih harga jual dan biaya produksi untuk masing-masing kelima jenis rempeyek, yaitu:

Tabel 2 Keuntungan Rempeyek

Jenis Rempeyek	Biaya Produksi	Harga Jual/Kg	Keuntungan
Kacang Tanah (kg)	Rp39.835	Rp70.000	Rp30.165
Teri (kg)	Rp44.155	Rp75.000	Rp30.845
Bayam (kg)	Rp39.835	Rp70.000	Rp30.165
Tempe (kg)	Rp42.335	Rp70.000	Rp27.665
Udang (kg)	Rp41.155	Rp75.000	Rp33.845
Total	Rp207.315	Rp360.000	Rp152.685

3.2 Pembentukan Masalah ke dalam Model Pemrograman Linear

Terdapat 5 variabel keputusan, yaitu x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 yang akan mempengaruhi fungsi tujuan. Berikut variabel keputusan yang digunakan dalam penelitian ini:
x_1: Jumlah rempeyek kacang tanah yang akan diproduksi (kg)
x_2: Jumlah rempeyek teri yang akan diproduksi (kg)
x_3: Jumlah rempeyek bayam yang akan diproduksi (kg)
x_4: Jumlah rempeyek tempe yang akan diproduksi (kg)
x_5: Jumlah rempeyek udang yang akan diproduksi (kg)

Memaksimumkan keuntungan dari penjualan berbagai jenis rempeyek adalah fungsi tujuan dari penelitian ini. Berikut diberikan fungsi tujuan yang dapat dibentuk dari produksi rempeyek, yaitu:

Maksimumkan:

$$Z = 30165x_1 + 30845x_2 + 30165x_3 + 27665x_4 + 33845x_5$$

dengan kendala

$$0{,}6x_1 + 0{,}6x_2 + 0{,}6x_3 + 0{,}6x_4 + 0{,}6x_5 \leq 110$$
$$0{,}6x_1 + 0{,}6x_2 + 0{,}6x_3 + 0{,}6x_4 + 0{,}6x_5 \leq 112$$
$$0{,}0375x_1 + 0{,}0375x_2 + 0{,}0375x_3 + 0{,}0375x_4 + 0{,}0375x_5 \leq 7$$
$$0{,}08x_1 + 0{,}08x_2 + 0{,}08x_3 + 0{,}08x_4 + 0{,}08x_5 \leq 15$$
$$0{,}06x_1 + 0{,}06x_2 + 0{,}06x_3 + 0{,}06x_4 + 0{,}06x_5 \leq 12$$
$$0{,}02x_1 + 0{,}015x_2 + 0{,}02x_3 + 0{,}02x_4 + 0{,}015x_5 \leq 4$$
$$0{,}06x_1 + 0{,}06x_2 + 0{,}06x_3 + 0{,}06x_4 + 0{,}06x_5 \leq 11$$
$$0{,}25x_1 \leq 14$$
$$0{,}1x_2 \leq 2$$
$$0{,}5x_3 \leq 8$$
$$x_4 \leq 23$$
$$0{,}1x_5 \leq 6$$
$$x_1 \geq 50, x_2 \geq 10, x_3 \geq 10, x_4 \geq 20, x_5 \geq 50$$

3.3 Penyelesaian Permasalahan Pemrograman Linear dengan Modifikasi Metode Big-M

Tahap 1. Menuliskan permasalahan ke dalam bentuk baku

Permasalahan pada kendala diubah dari bentuk pertidaksamaan menjadi persamaan, yaitu dengan menambahkan variabel *slack*, *surplus* maupun *articia*l sebagai berikut:

Maksimumkan:

$$\begin{aligned} Z = {} & 30165x_1 + 30845x_2 + 30165x_3 + 27665x_4 + 33845x_5 + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3 + 0S_4 + 0S_5 \\ & + 0S_6 + 0S_7 + 0S_8 + 0S_9 + 0S_{10} + 0S_{11} + 0S_{12} - 0S_{13} - 0S_{14} - 0S_{15} - 0S_{16} \\ & - 0S_{17} - MA_1 - MA_2 - MA_3 - MA_4 - MA_5 \end{aligned}$$

dengan kendala:

$$0{,}6x_1 + 0{,}6x_2 + 0{,}6x_3 + 0{,}6x_4 + 0{,}6x_5 + S_1 = 110$$
$$0{,}6x_1 + 0{,}6x_2 + 0{,}6x_3 + 0{,}6x_4 + 0{,}6x_5 + S_2 = 112$$
$$0{,}0375x_1 + 0{,}0375x_2 + 0{,}0375x_2x_3 + 0{,}0375x_2x_4 + 0{,}0375x_2x_5 + S_3 = 7$$
$$0{,}08x_1 + 0{,}08x_2 + 0{,}08x_3 + 0{,}08x_4 + 0{,}08x_5 + S_4 = 15$$
$$0{,}06x_1 + 0{,}06x_2 + 0{,}06x_3 + 0{,}06x_4 + 0{,}06x_5 + S_5 = 12$$
$$0{,}02x_1 + 0{,}015x_2 + 0{,}02x_3 + 0{,}02x_4 + 0{,}015x_5 + S_6 = 4$$
$$0{,}06x_1 + 0{,}06x_2 + 0{,}06x_3 + 0{,}06x_4 + 0{,}06x_5 + S_7 = 11$$
$$0{,}25x_1 + S_8 = 14$$
$$0{,}1x_2 + S_9 = 2$$
$$0{,}5x_3 + S_{10} = 8$$
$$x_4 + S_{11} = 23$$
$$0{,}1x_5 + S_{12} = 6$$
$$x_1 - S_{13} + A_1 = 50$$
$$x_2 - S_{14} + A_2 = 10$$
$$x_3 - S_{15} + A_3 = 10$$
$$x_4 - S_{16} + A_4 = 20$$
$$x_5 - S_{17} + A_5 = 50$$

Tahap 2. Menyusun data ke dalam tabel simpleks

Selanjutnya menyusun model pemrograman linear dengan fungsi tujuan beserta kendala-kendala ke dalam tabel simpleks yang ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel Awal Metode Big-M

	c_j	30165	30845	30165	27665	33845	0	0	⋯	0	0	⋯	0	$-M$	⋯	$-M$	
$(C_B)_i$	x_j / $(X_B)_i$	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	S_1	S_2	⋯	S_{12}	S_{13}	⋯	S_{17}	A_1	⋯	A_5	b_i
0	S_1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	110
0	S_2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0	1	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	112
0	S_3	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	7
0	S_4	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	15
0	S_5	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	12
0	S_6	0,02	0,015	0,02	0,02	0,015	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	4
0	S_7	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	11
0	S_8	0,25	0	0	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	14
0	S_9	0	0,1	0	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	2
0	S_{10}	0	0	0,5	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	8
0	S_{11}	0	0	0	1	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	23
0	S_{12}	0	0	0	0	0,1	0	0	⋯	1	0	⋯	0	0	⋯	0	6
$-M$	A_1	1	0	1	1	1	0	0	⋯	0	-1	⋯	0	1	⋯	0	50
$-M$	A_2	0	1	0	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	10
$-M$	A_3	0	0	1	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	10
$-M$	A_4	0	0	0	1	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	20
$-M$	A_5	0	0	0	0	1	0	0	⋯	0	0	⋯	-1	0	⋯	1	50
	z_j																
	$z_j - c_j$																

Tahap 3. Perhitungan nilai $z_j - c_j$

Untuk mendapatkan nilai $z_j - c_j$ yaitu menghitung selisih antara nilai z_j dan koefisien fungsi tujuan (c_j). Sedangkan nilai z_j diperoleh dengan mengalikan koefisien basis $(C_B)_i$ dengan elemen yang terletak pada kolom koefisien variabel keputusan.

$$z_1 - c_1 = \big((-M) * 1\big) - 30165 = -M - 30165$$
$$z_2 - c_2 = \big((-M) * 1\big) - 30845 = -M - 30845$$
$$\vdots$$
$$z_{27} - c_{27} = \big((-M) * 1\big) - (-M) = 0$$

Berikut hasil perhitungan nilai $z_j - c_j$ pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel Perhitungan nilai $z_j - c_j$

	c_j	30165	30845	30165	27665	33845	0	0	⋯	0	0	⋯	0	$-M$	⋯	$-M$	
$(C_B)_i$	x_j / $(X_B)_i$	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	S_1	S_2	⋯	S_{12}	S_{13}	⋯	S_{17}	A_1	⋯	A_5	b_i
0	S_1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	110
0	S_2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0	1	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	112
0	S_3	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	7
0	S_4	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	15
0	S_5	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	12
0	S_6	0,02	0,015	0,02	0,02	0,015	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	4
0	S_7	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	11
0	S_8	0,25	0	0	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	14
0	S_9	0	0,1	0	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	2
0	S_{10}	0	0	0,5	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	8
0	S_{11}	0	0	0	1	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	23
0	S_{12}	0	0	0	0	0,1	0	0	⋯	1	0	⋯	0	0	⋯	0	6
$-M$	A_1	1	0	1	1	1	0	0	⋯	0	-1	⋯	0	1	⋯	0	50
$-M$	A_2	0	1	0	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	10
$-M$	A_3	0	0	1	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	10
$-M$	A_4	0	0	0	1	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	20
$-M$	A_5	0	0	0	0	1	0	0	⋯	0	0	⋯	-1	0	⋯	1	50
	z_j	$-M$	$-M$	$-M$	$-M$	$-M$	0	0	⋯	0	M	⋯	M	$-M$	⋯	$-M$	110
	$z_j - c_j$	$-M - 30165$	$-M - 30845$	$-M - 30165$	$-M - 27665$	$-M - 33845$	0	0	⋯	0	M	⋯	$-M$	0	⋯	0	$-140M$

Tahap 4. Menguji optimalisasi

Periksa apakah nilai $z_j - c_j \geq 0$, jika nilai $z_j - c_j \geq 0$ maka solusi sudah optimal. Namun ketika nilai $z_j - c_j < 0$ maka dapat dilanjutkan tahap ke 5.

Tahap 5. Menentukan variabel masuk

Variabel masuk diperoleh dengan memilih kolom yang bernilai negatif paling besar pada baris $z_j - c_j$. Untuk mencapai solusi optimal, iterasi yang digunakan berulang. Berdasarkan Tabel 4, kolom x_5 merupakan variabel masuk karena kolom x_5 memiliki nilai negatif terbesar, yaitu $-M - 33845$.

Tahap 6. Menentukan variabel keluar

Variabel keluar didapat dengan memilih baris yang memiliki rasio dengan nilai positif terkecil. Untuk memperoleh nilai rasio yaitu dengan membagi nilai pada kolom b_i dengan nilai yang ada di kolom variabel masuk, berikut perhitungannya:

$$r_1 = \frac{110}{0,6} = 183,33$$
$$r_2 = \frac{112}{0,6} = 186,66$$
$$\vdots$$
$$r_{17} = \frac{50}{1} = 50$$

Tabel 5. Tabel Iterasi Awal Metode *Big-M*

	c_j	30165	30845	30165	27665	33845	0	0	⋯	0	0	⋯	0	$-M$	⋯	$-M$		
$(C_B)_i$	x_j / $(X_B)_i$	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	S_1	S_2	⋯	S_{12}	S_{13}	⋯	S_{17}	A_1	⋯	A_5	b_i	r_i
0	S_1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	110	183,333
0	S_2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0	1	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	112	186,667
0	S_3	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	7	186,667
0	S_4	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	15	187,5
0	S_5	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	12	200
0	S_6	0,02	0,015	0,02	0,02	0,015	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	4	266,667
0	S_7	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	11	183,333
0	S_8	0,25	0	0	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	14	#DIV/0!
0	S_9	0	0,1	0	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	2	#DIV/0!
0	S_{10}	0	0	0,5	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	8	#DIV/0!
0	S_{11}	0	0	0	1	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	23	#DIV/0!
0	S_{12}	0	0	0	0	0,1	0	0	⋯	1	0	⋯	0	0	⋯	0	6	60
$-M$	A_1	1	0	1	1	1	0	0	⋯	0	-1	⋯	0	1	⋯	0	50	#DIV/0!
$-M$	A_2	0	1	0	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	10	#DIV/0!
$-M$	A_3	0	0	1	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	10	#DIV/0!
$-M$	A_4	0	0	0	1	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	⋯	0	20	#DIV/0!
$-M$	A_5	0	0	0	0	1	0	0	⋯	0	0	⋯	-1	0	⋯	1	50	50
	z_j	$-M$	$-M$	$-M$	$-M$	$-M$	0	0	⋯	0	M	⋯	M	$-M$	⋯	$-M$	110	183,333
	$z_j - c_j$	$-M - 30165$	$-M - 30845$	$-M - 30165$	$-M - 27665$	$-M - 33845$	0	0	⋯	0	M	⋯	$-M$	0	⋯	0	$-140M$	

Berdasarkan Tabel 5, baris A_5 merupakan variabel keluar karena memiliki rasio dengan nilai positif terkecil, yaitu 50.

Tahap 7. Memperbarui nilai yang baru pada variabel keluar

Untuk mengganti nilai pada baris A_5 sebagai variabel keluar dengan x_5 sebagai variabel masuk, yaitu dengan membagi nilai pada baris A_5 dengan elemen kunci yaitu 1. Sehingga didapatlah nilai variabel masuk, yaitu:

$$x_1 = \frac{0}{1},$$

$$x_2 = \frac{0}{1},$$

$$\vdots$$

$$A_5 = \frac{50}{1}.$$

Tahap 8. Memperbarui baris lainnya

Untuk mengganti nilai pada baris lainnya selain baris variabel masuk, digunakanlah konsep determinan berdasarkan empat kasus sebelumnya. Setelah determinan dari variabel tersebut diperoleh, selanjutnya hasil determinan tersebut dibagi dengan elemen kunci.

Untuk baris S_1diperoleh:

$$x_1 = \frac{(0{,}6 \times 1) - (0 \times 0{,}6)}{1} = 0{,}6$$
$$x_2 = \frac{(0{,}6 \times 1) - (0 \times 0{,}6)}{1} = 0{,}6$$
$$\vdots$$
$$A_5 = (-1) \times \left(\frac{(0{,}6 \times 1) - (1 \times 0)}{1}\right) = -0{,}6$$

Setelah memperoleh semua nilai baru, selanjutnya kembali ke tahap 3 yaitu selidiki nilai pada baris $z_j - c_j$, berikut hasil perhitungannya:

Tabel 6. Iterasi Kedua

	c_j	30165	30845	30165	27665	33845	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	$-M$	⋯	$-M$		
$(C_B)_i$	x_j / $(X_B)_i$	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	S_1	S_2	⋯	S_{12}	S_{13}	⋯	S_{16}	S_{17}	A_1	⋯	A_5	b_i	r_i
0	S_1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1	0	⋯	0	0	⋯	0	0,6	0	⋯	-0,6	80	133,333
0	S_2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0	1	⋯	0	0	⋯	0	0,6	0	⋯	-0,6	82	136,667
0	S_3	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0,0375	0	⋯	-0,0375	5,125	136,667
0	S_4	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0,08	0	⋯	-0,08	11	137,5
0	S_5	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0,06	0	⋯	-0,06	9	150
0	S_6	0,02	0,015	0,02	0,02	0,015	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0,015	0	⋯	-0,015	3,25	216,667
0	S_7	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0,06	0	⋯	-0,06	8	133,333
0	S_8	0,25	0	0	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	0	⋯	0	14	#DIV/0!
0	S_9	0	0,1	0	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	0	⋯	0	2	20
0	S_{10}	0	0	0,5	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	0	⋯	0	8	#DIV/0!
0	S_{11}	0	0	0	1	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	0	⋯	0	23	#DIV/0!
0	S_{12}	0	0	0	0	0,1	0	0	⋯	1	0	⋯	0	0,1	0	⋯	-0,1	1	#DIV/0!
$-M$	A_1	1	0	1	1	1	0	0	⋯	0	-1	⋯	0	0	1	⋯	0	50	#DIV/0!
$-M$	A_2	0	1	0	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	0	⋯	0	10	10
$-M$	A_3	0	0	1	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	0	0	⋯	0	10	#DIV/0!
$-M$	A_4	0	0	0	1	0	0	0	⋯	0	0	⋯	-1	0	0	⋯	0	20	#DIV/0!
$-M$	x_5	0	0	0	0	1	0	0	⋯	0	0	⋯	0	-1	0	⋯	1	50	#DIV/0!
	z_j	$-M$	$-M$	$-M$	$-M$	$-M$	0	0	⋯	0	M	⋯	M	-33845	$-M$	⋯	33845	$-90M +$ 1692250	
	$z_j - c_j$	$-M -$ 30165	$-M -$ 30845	$-M -$ 30165	$-M -$ 27665	$-M -$ 33845	0	0	⋯	0	M	⋯	M	-33845	0	⋯	0		

Berdasarkan Tabel 6, pada baris $z_j - c_j$ terdapat yang bernilai negatif dapat dilanjutkan kembali ke tahap selanjutnya. Ulangi tahap 3 hingga memperoleh solusi optimal.

Tahap 9. Solusi Optimal

Iterasi dilakukan hingga nilai pada baris $z_j - c_j$ tidak lagi bernilai negatif. Untuk memperoleh solusi optimal ada 10 iterasi yang dilakukan, berikut diberikan Tabel 7 untuk solusi optimal.

Tabel 7. Solusi Optimal

	c_j	30165	30845	30165	27665	33845	0	0	⋯	0	0	0	0	0	0	0	⋯	0	$-M$	⋯	$-M$	
$(C_B)_i$	x_j / $(X_B)_i$	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	S_1	S_2	⋯	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	⋯	S_{17}	A_1	⋯	A_5	b_i
0	S_1	0	0	0	0	0	1	0	⋯	0	-2,4	-6	-1,2	-0,6	-6	0	⋯	0	0	⋯	0	5
0	S_2	0	0	0	0	0	0	1	⋯	0	-2,4	-6	-1,2	-0,6	-6	0	⋯	0	0	⋯	0	7
0	S_3	0	0	0	0	0	0	0	⋯	0	-0,15	-0,375	-0,075	-0,0375	-0,375	0	⋯	0	0	⋯	0	0,4375
0	S_4	0	0	0	0	0	0	0	⋯	0	-0,32	-0,8	-0,16	-0,08	-0,8	0	⋯	0	0	⋯	0	1
0	S_5	0	0	0	0	0	0	0	⋯	0	-0,24	-0,6	-0,12	-0,06	-0,6	0	⋯	0	0	⋯	0	1,5
0	S_6	0	0	0	0	0	0	0	⋯	0	-0,08	-0,15	-0,04	-0,02	-0,15	0	⋯	0	0	⋯	0	0,9
0	S_7	0	0	0	0	0	0	0	⋯	1	-0,24	-0,6	-0,12	-0,06	-0,6	0	⋯	0	0	⋯	0	0,5
0	S_{13}	0	0	0	0	0	0	0	⋯	0	4	0	0	0	0	1	⋯	0	-1	⋯	0	6
0	S_{14}	0	0	0	0	0	0	0	⋯	0	0	10	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	10
0	S_{15}	0	0	0	0	0	0	0	⋯	0	0	0	2	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	6
0	S_{16}	0	0	0	0	0	0	0	⋯	0	0	0	0	1	0	0	⋯	0	0	⋯	0	3
0	S_{17}	0	0	0	0	0	0	0	⋯	0	0	0	0	0	10	0	⋯	1	0	⋯	-1	10
$-M$	A_1	1	0	0	0	0	0	0	⋯	0	4	0	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	56
$-M$	A_2	0	1	0	0	0	0	0	⋯	0	0	10	0	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	20
$-M$	A_3	0	0	1	0	0	0	0	⋯	0	0	0	2	0	0	0	⋯	0	0	⋯	0	16
$-M$	A_4	0	0	0	1	0	0	0	⋯	0	0	0	0	1	0	0	⋯	0	0	⋯	0	23
$-M$	A_5	0	0	0	0	1	0	0	⋯	0	0	0	0	0	10	0	⋯	0	0	⋯	0	60
	z_j	30165	30845	30165	27665	33845	0	0	⋯	0	120660	308450	60330	27665	338450	0	⋯	0	0	⋯	0	
	$z_j - c_j$	0	0	0	0	0	0	0	⋯	0	120660	308450	60330	27665	338450	0	⋯	0	M	⋯	M	5455775

Tahap 10. Interpretasi hasil

Berdasarkan Tabel 7, diperoleh solusi optimal untuk UKM X dengan nilai $Z = 5455775$, $x_1 = 56$, $x_2 = 20$, $x_3 = 16$, $x_4 = 23$, $x_5 = 60$. Artinya, keuntungan maksimal yang didapatkan UKM X yaitu Rp5.455.775/minggu dengan menghasilkan masing-masing rempeyek dengan jenis kacang tanah sejumlah 56 kg/minggu, teri sejumlah 20 kg/minggu, bayam sejumlah 16 kg/minggu, tempe sejumlah 23 kg/minggu dan udang sejumlah 60 kg/minggu.

3.4 Analisis Sensitivitas

Setelah mendapatkan solusi optimal, dilanjutkan dengan analisis sensitivitas pada koefisien fungsi tujuan variabel basis dan konstanta ruas kanan kendala karena akan mempengaruhi solusi optimal. Berikut diberikan hasil analisis sensitivitas dengan metode simpleks pada Tabel 8.

Tabel 8. Analisis Sensitivitas pada Koefisien Fungsi Tujuan Variabel Basis

Koefisien fungsi tujuan (keuntungan penjualan rempeyek)	Interval nilai koefisien agar variabel basis tetap optimal
Kacang Tanah (x_1)	$0 \leq c_1 \leq \infty$
Teri (x_2)	$0 \leq c_2 \leq \infty$
Bayam (x_3)	$0 \leq c_3 \leq \infty$
Tempe (x_4)	$0 \leq c_4 \leq \infty$
Udang (x_5)	$0 \leq c_5 \leq \infty$

Berdasarkan Tabel 8 dapat disimpulkan bahwa solusi akan tetap optimal ketika variabel x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 berada pada interval tersebut, namun nilai z berubah dimana keuntungan maksimal dari penjualan berubah jika nilai c_i dengan $i = \{1,2,3,4,5\}$ juga berubah akan tetapi produksi tetap.

Tabel 9. Analisis Sensitivitas pada Konstanta Ruas Kanan Kendala

Koefisien Ruas Kanan Kendala	Interval nilai ruas kanan agar variabel basis tetap optimal
Tepung Beras (b_1)	$105 \leq b_1 \leq \infty$
Minyak Goreng (b_2)	$105 \leq b_2 \leq \infty$
Telur (b_3)	$6{,}56 \leq b_3 \leq \infty$
Bawang Putih (b_4)	$14 \leq b_4 \leq \infty$
Kencur (b_5)	$10{,}5 \leq b_5 \leq \infty$
Penyedap Rasa (b_6)	$3{,}1 \leq b_6 \leq \infty$
Daun Jeruk (b_7)	$10{,}5 \leq b_7 \leq \infty$
Kcang Tanah (b_8)	$12{,}5 \leq b_8 \leq 16{,}08$
Teri (b_9)	$1 \leq b_9 \leq 2{,}83$
Bayam (b_{10})	$5 \leq b_{10} \leq 12{,}17$
Tempe (b_{11})	$20 \leq b_{11} \leq 31{,}33$
Udang (b_{12})	$5 \leq b_{12} \leq 6{,}83$
Batasan Produksi Rempeyek Kacang Tanah (b_{13})	$0 \leq b_{13} \leq 56$
Batasan Produksi Rempeyek Teri (b_{14})	$0 \leq b_{14} \leq 20$
Batasan Produksi Rempeyek Bayam (b_{15})	$0 \leq b_{15} \leq 16$
Batasan Produksi Rempeyek Tempe (b_{16})	$0 \leq b_{16} \leq 23$
Batasan Produksi Rempeyek Udang (b_{17})	$0 \leq b_{17} \leq 60$

Berdasarkan Tabel 9 disimpulkan bahwa solusi optimal tidak dipengaruhi oleh perubahan pada konstanta ruas kanan kendala ketika berada pada interval yang telah diperoleh.

4. Kesimpulan

Modifikasi metode *Big-M* dengan iterasinya menggunakan algoritma determinan matriks ordo dua dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pemrograman linear dan mendapatkan solusi optimal. Analisis sensitivitas pada perubahan nilai koefisien fungsi tujuan dan konstanta ruas kanan kendala untuk kasus memaksimumkan keuntungan di UKM X dapat mengevaluasi bagaimana perubahan pada parameter model matematika mempengaruhi solusi optimal. Hasil yang diperoleh yaitu solusi tetap optimal ketika keuntungan berada pada interval yang diperoleh namun nilai keuntungan maksimum berubah dengan produksi tetap. Berdasarkan hasil perhitungan, persediaan bahan baku tetap optimal ketika nilai perubahan berada pada interval yang didapatkan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Ibu Kastini selaku pemilik UKM X yang telah mengizinkan dan menyediakan data untuk mendukung pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

[1] S. Siswanto, *Operation Research, Jilid 1*. Jakarta: Erlangga, 2007.

[2] A. Aminudin, *Prinsip-Prinsip Riset Operasi*. Jakarta: Erlangga, 2005.

[3] V. Susanti, "Optimalisasi Produksi Tahu Menggunakan Program Linear Metode Simpleks," *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, vol. 9, no. 2, pp. 399–406, 2021, doi: https://doi.org/10.26740/mathunesa.v9n2.p399-406.

[4] A. J. Fikri, S. Aini, R. S. Sukandar, I. Safiyanah, and D. Listiasari, "Optimalisasi Keuntungan Produksi Makanan Menggunakan Pemrograman Linier Melalui Metode Simpleks," *Jurnal Bayesian: Jurnal Ilmiah Statistika dan Ekonometrika*, vol. 1, no. 1, pp. 1–16, 2021, doi: https://doi.org/10.46306/bay.v1i1.1.

[5] L. Susanto, "Memaksimalkan Keuntungan Harian pada Industri Rumahan 'Nanda Jaya' dengan Penerapan Metode Simpleks," *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, vol. 14, no. 4, pp. 535–542, 2020, doi: https://doi.org/10.30598/barekengvol14iss4pp535-542.

[6] M. Hidayati, Y. Ramdani, and F. H. Badruzzaman, "Solusi dan Analisis Sensitivitas Program Linear Menggunakan Big-M dan Solver," pp. 233–240, 2016, doi: http://dx.doi.org/10.29313/.v0i0.4443.

[7] N. Hariyani, B. Irawanto, and S. Khabibah, "Penerapan Metode Program Linear dan Analisis Sensitivitas Pada Optimalisasi Produksi Jenang Karomah (Studi Kasus Pada PJ. Karomah Kudus)," *Jurnal Matematika*, 2014.

[8] R. L. Rumahorbo and A. Mansyur, "Konsistensi metode simpleks dalam menentukan nilai optimum," *KARISMATIKA: Kumpulan Artikel Ilmiah, Informatika, Statistik, Matematika dan Aplikasi*, vol. 3, no. 1, 2017, doi: https://doi.org/10.24114/jmk.v3i1.8826.

[9] J. Z. Lobo, "Two Square Determinant Approach for Simplex Method," *IOSR Journal of Mathematics (IOSR-JM)*, vol. 11, no. 5, pp. 01–04, 2015, doi: 10.9790/5728-11540104.

[10] A. Dewi, N. K. T. Tastrawati, and K. Sari, "Analisis Sensitivitas dalam Optimalisasi Keuntungan Produksi Busana dengan Metode Simpleks," *Jurnal Matematika*, vol. 4, no. 2, pp. 90–101, 2014.

[11] K. V. Adtria, K. Kamid, and N. Rarasati, "Analisis Sensitivitas Dalam Optimalisasi Jumlah Produksi Makaroni Iko Menggunakan Linear Programming," *Imajiner: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 3, no. 2, pp. 174–182, 2021, doi: https://doi.org/10.26877/imajiner.v3i2.8098.

[12] A. Meflinda and Mahyarni, *Operation Research (Riset Operasi)*. Pekanbaru: UR Press, 2011.

[13] T. T. Aye and M. M. Yee, "Optimal Selection of Advertising Print-Media using Linear Programming," 2019.

[14] E. Syahputra, *Program Linear*. Medan: Unimed Press, 2015.

[15] W. L. Winston, *Operation Research: Applications and Algorithms*, (4th ed). New York: Duxbury, 2004.