Volume 4 Issue 1 (2024) Pages 63-76 P-ISSN:2798-2696 E-ISSIN:2798-0057
JOSTECH
Journal of Science and Technology
Website: https://ejournal.uinib.ac.id/jurnal/index.php/jostech Email: jostech@uinib.ac.id

Analisis Sensitivitas dalam Optimalisasi Produksi Kerupuk Menggunakan Program Linier dengan Metode Simpleks Diperbaiki

Ambar Winarni ✉[1], **Dwiani Listya Kartika**[2]
[1,2] Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdlatul Ulama Purwokerto, Purwokerto 53141, Indonesia
email : a.winarni@unupurwokerto.ac.id[1], dl.kartika@unupurwokerto.ac.id [2]

Received 10 Februari 2024, Accepted 26 Maret 2024, Published 31 Maret 2024

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan produksi kerupuk agar mencapai keuntungan yang maksimal di pabrik UD Mekar Sari Karangklesem dengan menerapkan metode simpleks diperbaiki. Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif deskriptif dan metode studi pustaka untuk mendukung penyusunan penelitian ini. Data yang digunakan adalah data sekunder yang meliputi jumlah dari setiap bahan baku yang dibutuhkan, harga beli setiap bahan baku, harga jual setiap jenis kerupuk dan jumlah hasil dari setiap jenis kerupuk yang diproduksi. UD Mekar Sari merupakan pabrik kerupuk yang memproduksi kerupuk gendar, kerupuk soto, kerupuk bawang dan kerupuk makaroni. Hasil dari penelitian ini menunjukkan setelah melalui langkah-langkah metode simpleks yang diperbaiki dihasilkan bahwa keuntungan optimum sebesar Rp 11.530.000 akan dicapai dengan memproduksi kerupuk gendar sejumlah 200 kg, kerupuk soto sejumlah 80 kg, kerupuk bawang sejumlah 100 kg dan kerupuk makaroni sejumlah 80 kg. Berdasarkan data komposisi dan persediaan bahan baku untuk memproduksi keempat jenis kerupuk tersebut, dapat dilakukan analisis dan pengolahan data dengan memformulasikannya menjadi program linier melalui metode simpleks yang diperbaiki. Metode ini dianggap lebih efisien dari metode simpleks diperbaiki. Hasil analisis sensitivitas yang hanya dibatasi hanya perubahankoefisien fungsi tujuan (keuntungan masing-masing jenis kerupuk) dan konstanta ruas kanan (kapasitas persediaan bahan baku) menunjukan bahwa keuntungan maksimum tetap dicapai jika perubahan koefisien fungsi tujuan dan konstanta ruas kanan fungsi kendala berada pada rentang yang dihasilkan.

Kata Kunci: *Optimasi Produksi; Program Linear; Metode Simpleks Diperbaiki; Analisis Sensitivitas*

Abstract

The research aimed to optimize the production of crackers in order to achieve maximum profit at the UD Mekar Sari Karangklesem factory by applying the simplex method. This research used a descriptive quantitative research approach and literature study methods to support the preparation of this research. The data used is secondary data which includes the amount of each raw material needed, the purchase price of each raw material, the selling price of each type of cracker and the yield of each type of cracker produced. UD Mekar Sari is a cracker factory that produces gendar crackers, soto crackers, onion crackers and makaroni crackers. The results of this study indicate that after going through the steps of the simplex method which was improved it was found that an optimum profit of IDR 11,530,000 would be achieved by producing 200 kg of gendar crackers, 80 kg of soto crackers, 100 kg of onion crackers and 80 kg of makaroni crackers . Based on the data on the composition and supply of raw materials for the production of the four types of crackers, data analysis and processing can be carried out by formulating them into a linear program using the improved simplex method. This method is considered more efficient than the improved simplex method. The results of the sensitivity analysis that only limited changes in coefficient value at objective function (the profit each crackers) and the constants right side constraints (the capacity of supply of the raw materials) show that profit remain in optimal condition if the change of coefficient value at objective function and the constants right side constraints between the range being resulted.

Keywords: *Production Optimization; Linear Programming; Revised Simplex Method; Sensitivity Analysis*

✉ Corresponding author

PENDAHULUAN

Jumlah perusahaan yang kini semakin bertambah membuat persaingan antar perusahaan semakin ketat. Hal ini menyebabkan banyak perusahaan bersaing untuk menjadi yang teratas di bidangnya. Pelaku usaha mampu mencari peluang yang ada untuk bersaing dalam persaingan bisnis atau industri dengan mengkaji peluang di bidangnya [1].Tujuan paling dasar dari pelaku usaha yang menjalankan perusahaannya adalah untuk mendapatkan keuntungan. Oleh karena itu, setiap perusahaan membutuhkan perencanaan yang optimal untuk pengembangan perusahaannya. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menciptakan inovasi baru dan menerapkan sistem manajemen yang tepat sasaran. Salah satu cara untuk mencapai hal tersebut adalah memanfaatkan faktor produksinya seperti bahan baku, tenaga kerja dan mesin produksi secara maksimal untuk mencapai hasil yang optimal [2].

Permasalahan yang sering dihadapi oleh perusahaan yaitu adanya ketidakseimbangan antara jumlah produksi dengan jumlah permintaan atau penjualan di pasar. Hasil produksi bisa lebih besar maupun lebih kecil dari permintaan maupun penjualan. Jika hasil produksi lebih besar dari jumlah yang diminta maupun terjual, maka perusahaan akan mengalami kerugian karena produk tidak habis terjual dan mengalami penumpukan stok di gudang. Sedangkan jika hasil produksi lebih kecil, maka perusahaan juga mengalami kerugian karena tidak bisa memenuhi permintaan pasar. Perusahaan harus dapat mengoptimalkan produksi sesuai dengan sumber daya yang ada agar produk yang diproduksi tidak terlalu banyak maupun terlalu sedikit sehingga perusahaan dapat memaksimalkan keuntungan.

Salah satu perusahaan yang mempunyai permasalahan yang berkaitan dengan proses memaksimalkan keuntungan yaitu pabrik kerupuk UD (Usaha Dagang) Mekar Sari Karangklesem. Pabrik krupuk ini memproduksi empat jenis kerupuk yaitu kerupuk gendar, kerupuk bawang, kerupuk soto dan kerupuk makaroni. UD Mekar Sari Karangklesem juga menghadapi masalah persaingan antar perusahaan khususnya di bidang industri kerupuk. Semakin banyak produsen kerupuk, semakin tinggi pula tingkat persaingan di bidang industri kerupuk. Salah satu hal yang dapat dilakukan yaitu optimalisasi produksi kerupuk guna memaksimalkan keuntungan. Oleh karena itu, optimalisasi produksi diperlukan sebagai sarana pemecahan masalah yang membantu mengoptimalkan produksi berdasarkan sumber daya yang tersedia [3].

Salah satu model matematika yang bisa digunakan untuk perhitungan optimasi produksi adalah Program Linier. Program Linier banyak diterapkan dalam masalah ekonomi, industri, militer sosial dan lain-lain. Hal ini berkaitan dengan penjelasan suatu kasus dalam kehidupan sehari-hari sebagai suatu model matematik yang terdiri dari sebuah fungsi tujuan linear dengan beberapa kendala linear [4]. George B. Dantzig merupakan seorang ilmuwan yang memperkenalkan dan menjelaskan pertama kali tentang analisis program linier di tahun 1947. Ilmu tersebut dikembangkan dengan tujuan pemecahan sebuah masalah bisnis dan untuk mengembangkan ilmu matematika di kehidupan sehari-hari. Analisis tersebut dikembangkan dengan berbagai metode sesuai permasalahan yang dihadapi, salah satunya adalah metode simpleks untuk pemecahan sebuah masalah yang berkaitan dengan optimasi yang bersifat linear dalam kegiatan bisnis khususnya dalam bidang produksi. Metode simpleks akan memberikan solusi perencanaan tentang bagaimana memaksimalkan faktor produksi yang ada untuk mencapai keuntungan yang optimal [5]. Beberapa penelitian terkait optimasi produksi dan keuntungan menggunakan program linier melalui metode simpleks [1], [6]–[12].

Beberapa penelitian masih menggunakan Metode Simpleks sederhana. Pembaharuan dari penelitian ini adalah metode yang digunakan yaitu Metode simpleks diperbaiki untuk lebih efisien dalam iterasi perhitungan dengan tetap menggunakan konsep dasar dalam Metode Simpleks. Metode Simpleks menunjukan bahwa setiap perpindahan tabel baru selalu membawa semua elemen dalam tabel. Padahal ada beberapa elemen yang mewakili informasi tertentu yang sebenarnya tidak diperlukan (tidak memiliki peran) dalam proses perpindahan tabel simpleks. Jika persoalan linier program cukup besar maka sangatlah tidak efisien apabila membawa semua elemen pada tabel berikutnya. Metode simpleks yang diperbaiki atau metode simpleks multiplier menjadi cara atau metode yang lebih efisien yang dapat digunakan agar tidak semua elemen terbawa ke tabel berikutnya [13], [14].

Setelah mendapatkan solusi optimum, sangat penting dilakukan suatu analisis untuk mengamati akibat dari perubaha- perubahan yang terjadi pada koefisien fungsi tujuan dan konstanta ruans kanan fungsi kendala. Analisis sensitivitas dapat dilakukan untuk mengetahui rentang perubahan koefisien fungsi tujuan dan konstanta ruas kanan fungsi kendala agar solusi yang dihasilkan tetap optimum. Hal ini dapat memberikan informasi sejauh mana perubahan yang dapat dilakukan agar tetap mencapai keuntungan maksimum. Akibat yang dapat terjadi dari perubahan tersebut dapat diprediksi dan diantisipasi lebih awal.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik untuk mengkaji tentang "Optimalisasi Produksi Menggunakan Program Linear melalui Metode Simpleks yang diperbaiki (Studi Kasus Pabrik Kerupuk UD Mekar Sari Karangklesem)". Peneliti akan membangun model program linier menggunaan perhitungan metode simpleks yang diperbaiki untuk menentukan banyaknya produk dari setiap jenis kerupuk yang akan diproduksi oleh pabrik UD Mekar Sari sehingga dari bahan baku yang tersedia masalah optimasi produksi pada pabrik kerupuk UD Mekar Sari dapat mencapai keuntungan yang maksimal dari sebelumnya.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif deskriptif dengan tujuan untuk menerapkan metode simpleks diperbaiki untuk mengoptimalkan produksi kerupuk untuk mencapai keuntungan yang maksimal di pabrik UD Mekar Sari. Pendekatan kuantitatif adalah suatu proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat analisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui [15]. Metode studi pustaka juga dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan cara mencari, membaca, mempelajari, dan memahami bahan-bahan yang berasal dari jurnal ataupun referensi lain dari internet yang mendukung penyusunan penelitian ini.Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dari pabrik kerupuk UD Mekar Sari Karangklesem. Adapun data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder adalah informasi yang telah ada sebelumnya dan dengan sengaja dikumpulkan oleh peneliti yang digunakan untuk melengkapi kebutuhan penelitian. Data yang digunakan adalah data mengenai jumlah dari setiap bahan baku yang dibutuhkan, harga beli setiap bahan baku, harga jual setiap jenis kerupuk dan jumlah hasil dari setiap jenis kerupuk yang diproduksi.

Garis besar langkah-langkah penelitian ini antara lain: (a) identifikasi masalah, (b) pengumpulan data, (c) implementasi model (menentukan variabel keputusan, fungsi tujuan dan kendala atau batasan), (d) pengolahan data dan analisa menggunakan metode simpleks diperbaiki, (e) analisis sensitivitas dan (f) interpretasi hasil. Selanjutnya untuk teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode metode simpleks diperbaiki. Setiap perpindahan tabel baru tidak semua elemen diperlukan dalam metode simpleks. Hal ini yang membedakan dengan metode simpleks yang memerlukan semua elemen dalam perpindahan tabel baru. Berikut informasi yang sangat diperlukan untuk berpindah dari datu tabel ke tabel berikutnya, yaitu :

1. nilai pada baris $Z_j - C_j$,
2. kolom kunci (variabel yang akan masuk basis),
3. variabel basis,
4. nilai konstanta ruas kanan (b_i) yang berkorespondensi dengan variabel basis.

Selain keempat informasi di atas, sebenarnya tidak diperlukan atau berperan penting dalam proses perpindahan tabel simpleks pada setiap iterasi. Hal ini membuat metode simpleks diperbaiki menjadi cara yang lebih efisien ketika persoalan program linier cukup besar . Adapun langkah-langkah metode simpleks diperbaiki adalah sebagai berikut [13] :

1. Formulasi model dengan menggunakan matriks.
   Bentuk standar program linier adalah sebagai berikut:
   $$Maks\ Z = cx$$
   dengan fungsi kendala
   $$Ax = b_i$$
   $$x \geq 0$$
   dimana,
   $$A_{m\times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}, b_{i(m\times 1)} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}, x_{i(n\times 1)} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, c_{(1\times n)} = [c_1 \quad c_2 \quad \cdots \quad c_n]$$
2. Mendefinisikan kolom yang berkorespondensi dengan matriks A yaitu $Y_1, Y_2, \ldots Y_n$, dimana
   $$Y_{1(m\times 1)} = \begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ \vdots \\ a_{m1} \end{bmatrix}, Y_{2(m\times 1)} = \begin{bmatrix} a_{12} \\ a_{22} \\ \vdots \\ a_{m2} \end{bmatrix}, \ldots, Y_{n(m\times 1)} = \begin{bmatrix} a_{1n} \\ a_{2n} \\ \vdots \\ a_{mn} \end{bmatrix},$$
3. Mendefinisikan matriks basis, misalkan variabel basis yang dimiliki $x_1, x_2, \ldots, x_n$ maka matriks basisnya adalah
   $$B_{(m\times n)} = Y_1, Y_2, \ldots Y_n = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$
4. Menghitung *simpleks multiplier* (π) dimana
   $$\pi = C_B\, B^{-1}$$
5. Menghitung koeefisien fungsi tujuan yang baru $(\widehat{c_j})$ dimana
   $$\widehat{c_j} = \pi\, Y_j - c_j$$

Karena fungsi tujuan berbentuk maksimum maka solusi optimum solusi optimum akan dicapai apabila $\widehat{c_j} \geq 0$.

6. Jika solusi belum optimum maka pilih salah satu $\widehat{c_j}$ yang memiliki nilai negative terbesar sebagai variabel masuk basis. Sdangkan variabel yang keluar basis perlu ditentukan kolom pivot dengan menggunakan rumus berikut :

$$\widehat{Y_{jn}} = B^{-1}Y_{jn} = \begin{bmatrix} \hat{a}_{1n} \\ \hat{a}_{2n} \\ \vdots \\ \hat{a}_{mn} \end{bmatrix}$$

7. Melakukan uji perbandingan minimum untuk menentukan variabel keluar basis dengan rumus

$$\frac{\hat{b}_2}{\hat{a}_{2n}} = \frac{\hat{b}_i}{\hat{a}_m}$$

8. Menghitung nilai b_i yang berubah menjadi $\hat{b}_i$ yaitu $\hat{b}_i = B^{-1}b_i$.
9. Ulangi proses empat sampai solusi optimum.

Selanjutnya dilakukan analisis sensitivitas terhadap perubahan koefisien fungsi tujuan dan konstanta ruas kanan fungsi kendala berdasarkan hasil perhitungan dan rentang yang diperoleh dari persamaan $\widehat{c_j} = C_B\, Y_j - c_j$ dan $\hat{b}_i = B^{-1}b_i$ [13].

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Formulasi Model

Pabrik UD Mekar Sari adalah perusahaan yang bergerak dibidang industri kerupuk. Pabrik ini memproduksi dan menjual berbagai macam kerupuk yaitu kerupuk gendar, kerupuk bawang, kerupuk soto dan kerupuk makaroni. Kerupuk seperti kerupuk bawang, kerupuk soto dan kerupuk makaroni tidak diproduksi langsung dari bahan mentah melainkan pihak pabrik menyuplai kerupuk mentahnya dari suplier dan pabrik hanya menggoreng dan mengemasnya. Proses pengolahan kerupuk gendar melalui beberapa tahap yaitu persiapan bahan baku, pembentukan adonan, pencetakan, pengukusan, pendinginan, pemotongan, penjemuran atau pengovenan, penggorengan, dan pengemasan. Sedangkan untuk proses pengolahan kerupuk soto, kerupuk bawang, kerupuk makaroni melalui tahap penjemuran/pengovenan, penggorengan, pembumbuan dan pengemasan.

Adapun data komposisi bahan baku yang dibutuhkan dan persediaan bahan baku untuk produksi satu kilogram kerupuk. Jumlah komposisi yang dibutuhkan dan persediaan bahan baku yang dibutuhkan untuk memproduksi satu kilogram kerupuk dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Komposisi dan persediaan bahan baku untuk produksi satu kilogram kerupuk

No	Bahan Baku	Komposisi Bahan Baku (kg)				Persediaan (kg)
		Kerupuk gendar	Kerupuk soto	Kerupuk bawang	Kerupuk makaroni	
1	Terigu	0,1	-	-	-	50
2	Aci	0,5	-	-	-	150
3	Bumbu basah	0,02		--		10
4	Bumbu tabur	-	0,04	0,04	0,05	12
5	Minyak goreng	0,4	0,3	0,2	0,25	150
6	Kerupuk mentah soto	-	0,6	-	-	60

7	Kerupuk mentah bawang	-	-	0,6	-	60
8	Kerupuk mentah makaroni	-	-	-	0,625	50

Variabel keputusan pada penelitian ini yaitu jumlah kerupuk gendar yang dihasilkan (x_1) , jumlah kerupuk soto yang dihasilkan (x_2), jumlah kerupuk bawang yang dihasilkan (x_3) dan jumlah kerupuk makaroni yang dihasilkan (x_4). Empat produk kerupuk tersebut diproduksi dalam satuan kilogram. Tujuan dari program linier pada penelitian ini adalah memecahkan masalah optimasi produksi pada pabrik kerupuk UD Mekar Sari untuk mendapatkan keuntungan yang maksimal. Fungsi tujuan yang dibentuk adalah maksimasi keuntungan total yang diperoleh dari produksi semua jenis kerupuk (Z). Penentuan koefisien fungsi tujuan didapatkan dari keuntungan perkilogram dari setiap jenis kerupuk yang diperoleh dari selisih antara pendapatan dengan biaya pengeluaran yang dapat dilihat pada Tabel 2, sehingga diperoleh fungsi tujuannya adalah sebagai berikut:

$$Maks\ Z = 24.660\ x_1 + 23.100\ x_2 + 27.800 x_3 + 24.625 x_4 \tag{1}$$

Setelah menentukan variabel keputusan dan fungsi tujuan selanjutnya peneliti menentukan fungsi kendala atau batasan pada proses produksi kerupuk di pabrik UD Mekar Sari. Pada penelitian ini, kendala atau batasan yang digunakan adalah bahan baku pada proses produksi.

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa kendala pada pabrik kerupuk UD Mekar Sari terdiri dari 8 macam yaitu terigu, aci, bumbu basah, bumbu tabur, minyak goreng, kerupuk mentah soto, kerupuk mentah bawang, dan kerupuk mentah makaroni. Fungsi kendala dapat dituliskan dalam bentuk pertidaksamaan yang didasarkan pada Tabel 1 yaitu sebagai berikut:

$$\begin{gathered} 0{,}1\ x_1 \leq 50 \\ 0{,}5\ x_1 \leq 150 \\ 0{,}02\ x_1 \leq 10 \\ 0{,}04\ x_2 + 0{,}04\ x_3 + 0{,}05 x_4 \leq 12 \\ 0{,}4\ x_1 + 0{,}3\ x_2 + 0{,}2\ x_3 + 0{,}25 x_4 \leq 150 \\ 0{,}6\ x_2 \leq 60 \\ 0{,}6\ x_3 \leq 60 \\ 0{,}625\ x_4 \leq 50 \end{gathered} \tag{2}$$

Tabel 2. Perhitungan Keuntungan Produksi Kerupuk Per Kilogram

No	Bahan Baku	Total harga bahan baku per kilogram (Rp)			
		Kerupuk gendar	Kerupuk soto	Kerupuk bawang	Kerupuk makaroni
1	Terigu	700	-	-	-
2	Aci	5.000	-	-	-
3	Bumbu basah	640		--	
4	Bumbu tabur	-	1.600	1.600	2.000
5	Minyak goreng	6.000	4.500	3.000	3.750
6	Kerupuk mentah soto	-	10.800	-	-
7	Kerupuk mentah bawang	-	-	9.600	-
8	Kerupuk mentah makaroni	-	-	-	10.625
Total biaya produksi per kg (Rp)		12.340	16.900	14.200	16.375
Harga jual per kg (Rp)		37.000	40.000	42.000	41.000
Keuntungan per kg (Rp)		24.660	23.100	27.800	24.625

II. Metode Simpleks Diperbaiki

Selanjutnya akan dilakukan analisis penghitungan dengan metode simpleks diperbaiki dengan langkah awal memformulasikan fungsi tujuan dan fungsi kendala kedalam bentuk baku metode simpleks diperbaiki dengan menambahkan variabel *slack*. Fungsi tujuan berubah menjadi

$$\begin{aligned} Maks\ Z = 24.660\ x_1 + 23.100\ x_2 + 27.800x_3 + 24.625x_4 \\ +0s_1 + 0s_2 + 0s_3 + 0s_4 + 0s_5 + 0s_6 + 0s_7 + 0s_8 \end{aligned} \quad (3)$$

sehingga dapat dituliskan bahwa $c_1 = [24.660]$, $c_2 = [23.100]$, $c_3 = [27.800]$, $c_4 = [24.625]$, $c_5 = [0]$, $c_6 = [0]$, $c_7 = [0]$, $c_8 = [0]$, $c_9 = [0]$, $c_{10} = [0]$, $c_{11} = [0]$ dan $c_{12} = [0]$. Sedangkan untuk fungsi kendala diubah bentuk pertidaksamaan ($\leq$) menjadi bentuk persamaan ($=$), sehingga fungsi kendala berubah menjadi:

$$\begin{gathered} 0{,}1\ x_1 + s_1 = 50 \\ 0{,}5\ x_1 + s_2 = 150 \\ 0{,}02\ x_1 + s_3 = 10 \\ 0{,}04x_2 + 0{,}04\ x_3 + 0{,}05x_4 + s_4 = 12 \\ 0{,}4\ x_1 + 0{,}3\ x_2 + 0{,}2\ x_3 + 0{,}25x_4 + s_5 = 150 \\ 0{,}6\ x_2 + s_6 = 60 \\ 0{,}6x_3 + s_7 = 60 \\ 0{,}625\ x_4 + s_8 = 50 \end{gathered} \quad (4)$$

Kemudian fungsi kendala tersebut dapat dituliskan dalam bentuk matriks sebagai berikut

$$\begin{gathered} Ax = b_i \\ x \geq 0 \end{gathered}$$

dimana,

$$A = \begin{bmatrix} 0{,}1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0{,}5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0{,}02 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0{,}04 & 0{,}04 & 0{,}05 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0{,}04 & 0{,}3 & 0{,}2 & 0{,}25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0{,}6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0{,}625 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$b_i = \begin{bmatrix} 50 \\ 150 \\ 10 \\ 12 \\ 150 \\ 60 \\ 60 \\ 50 \end{bmatrix}, x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \\ s_5 \\ s_6 \\ s_7 \\ s_8 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya mendefinisikan kolom yang berkorespondensi dengan matriks A yaitu

$$A = [Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 Y_5, Y_6, Y_7, Y_8, Y_9, Y_{10}, Y_{11}, Y_{12}]$$

Langkah berikutnya yaitu membentuk matriks basis, karena variabel basis yang dimiliki $s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8, s_9, s_{10}, s_{11}, s_{12}$ maka diperoleh matriks basisnya adalah

$$B = [Y_5, Y_6, Y_7, Y_8, Y_9, Y_{10}, Y_{11}, Y_{12}] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya dapat dimulai analisa perhitungan setiap iterasi sebagai berikut :

a) Iterasi ke-1

Berdasarkan variabel basis awal di Tabel 3 dapat diperoleh *simpleks multiplier* yaitu $\pi = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0]$. Selanjutnya akan dihitung koefisien fungsi tujuan yang baru $(\widehat{c_j})$ yaitu $\widehat{c_1} = -24.660$, $\widehat{c_2} = -23.100$, $\widehat{c_3} = -27.800$ dan $\widehat{c_4} = -24.625$. Oleh karena $\widehat{c_3}$ memiliki angka negatif terbesar maka x_3 masuk basis (menjadi kolom kunci). Sedangkan untuk menentukan variabel yang keluar basis (baris kunci) akan dipilih dari angka terkecil aturan perbandingan minimum $b_i : Y_3$ berikut ini :

$$\min[b_i : Y_3] = \min \left[\begin{bmatrix} 50 \\ 150 \\ 10 \\ 12 \\ 150 \\ 60 \\ 60 \\ 50 \end{bmatrix} : \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0{,}04 \\ 0{,}2 \\ 0 \\ 0{,}6 \\ 0 \end{bmatrix} \right] = \min \begin{bmatrix} \infty \\ \infty \\ \infty \\ 300 \\ 750 \\ \infty \\ 100 \\ \infty \end{bmatrix}$$

Berikut ini tabel awal simpleks diperbaiki untuk memulai perhitungan iterasi, yaitu

Tabel 3. Tabel awal simpleks diperbaiki

Variabel Basis				B^{-1}					b_i
s_1	1	0	0	0	0	0	0	0	50
s_2	0	1	0	0	0	0	0	0	150
s_3	0	0	1	0	0	0	0	0	10
s_4	0	0	0	1	0	0	0	0	12
s_5	0	0	0	0	1	0	0	0	150
s_6	0	0	0	0	0	1	0	0	60
s_7	0	0	0	0	0	0	1	0	60
s_8	0	0	0	0	0	0	0	1	50

Angka terkeecil yang diperoleh yaitu 100 yang berkorespondensi dengan variabel s_7 sehingga variabel s_7 digantikan oleh x_3 sebagai variabel basis. Oleh karena itu, matriks basis berubah menjadi $B = [Y_5, Y_6, Y_7, Y_8, Y_9, Y_{10}, Y_3, Y_{12}]$. Tabel simpleks diperbaiki berikutnya nilai b_i berubah menjadi $\widehat{b_i}$ yaitu $\widehat{b_i} = \begin{bmatrix} 50 \\ 150 \\ 10 \\ 8 \\ 130 \\ 60 \\ 100 \\ 50 \end{bmatrix}$

b) Iterasi ke-2

Berdasarkan variabel basis pada Tabel 4 dapat diperoleh *simpleks multiplier* yaitu $\pi = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 46.333{,}33 \quad 0]$. Selanjutnya akan dihitung koefisien fungsi tujuan yang baru $(\widehat{c_j})$ yaitu $\widehat{c_1} = 24.660$, $\widehat{c_2} = -23.100$, $\widehat{c_{11}} = 46.333{,}33$ dan $\widehat{c_4} = -24.625$. Oleh karena $\widehat{c_1}$ memiliki angka negatif terbesar maka x_1 masuk basis (menjadi kolom kunci). Sedangkan untuk menentukan variabel yang keluar basis (baris kunci) akan dipilih dari angka terkecil aturan perbandingan minimum $b_i : \widehat{Y_1}$ dengan nilai vektor kolom yang baru yang berkorespondensi dengan x_1 adalah $\widehat{Y_1} = B^{-1}Y_1$, sehingga diperoleh

$$\min[b_i : \widehat{Y_1}] = \min\left[\begin{bmatrix} 50 \\ 150 \\ 10 \\ 8 \\ 130 \\ 60 \\ 100 \\ 50 \end{bmatrix} : \begin{bmatrix} 0{,}1 \\ 0{,}5 \\ 0{,}02 \\ 0 \\ 0{,}4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}\right] = \min\begin{bmatrix} 500 \\ 300 \\ 500 \\ \infty \\ 325 \\ \infty \\ \infty \\ \infty \end{bmatrix}$$

Berikut ini tabel kedua simpleks diperbaiki, yaitu

Tabel 4. Tabel kedua simpleks diperbaiki

Variabel Basis	B^{-1}								b_i
s_1	1	0	0	0	0	0	0	0	50
s_2	0	1	0	0	0	0	0	0	150
s_3	0	0	1	0	0	0	0	0	10
s_4	0	0	0	1	0	0	$-0{,}67$	0	8
s_5	0	0	0	0	1	0	$-0{,}33$	0	130
s_6	0	0	0	0	0	1	0	0	60
x_3	0	0	0	0	0	0	1,67	0	100
s_8	0	0	0	0	0	0	0	1	50

Angka terkecil yang diperoleh yaitu 300 yang berkorespondensi dengan variabel s_2 sehingga variabel s_2 digantikan oleh x_1 sebagai variabel basis. Oleh karena itu, matriks basis berubah menjadi $B = [Y_5, Y_1, Y_7, Y_8, Y_9, Y_{10}, Y_3, Y_{12}]$. Tabel simpleks diperbaiki berikutnya nilai b_i berubah menjadi $\hat{b}_i$ yaitu $\hat{b}_i = \begin{bmatrix} 20 \\ 300 \\ 4 \\ 8 \\ 10 \\ 60 \\ 100 \\ 50 \end{bmatrix}$.

c) Iterasi ke-3

Berikut ini tabel ketiga simpleks diperbaiki, yaitu

Tabel 5. Tabel ketiga simpleks diperbaiki

Variabel Basis	B^{-1}								b_i
s_1	1	$-0{,}20$	0	0	0	0	0	0	20
x_1	0	2	0	0	0	0	0	0	300
s_3	0	$-0{,}04$	1	0	0	0	0	0	4
s_4	0	0	0	1	0	0	$-0{,}67$	0	8
s_5	0	$-0{,}8$	0	0	1	0	$-0{,}33$	0	10
s_6	0	0	0	0	0	1	0	0	60
x_3	0	0	0	0	0	0	1,67	0	100

s_8	0	0	0	0	0	0	0	1	50

Berdasarkan variabel basis di atas dapat diperoleh *simpleks multiplier* yaitu $\pi = [0 \quad 49.320 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 46.333,33 \quad 0]$. Selanjutnya akan dihitung koefisien fungsi tujuan yang baru $(\widehat{c_j})$ yaitu $\widehat{c_6} = 49.320$, $\widehat{c_2} = -23.100$, $\widehat{c_{11}} = 46.333,33$ dan $\widehat{c_4} = -24.625$. Oleh karena $\widehat{c_4}$ memiliki angka negatif terbesar maka x_4 masuk basis (menjadi kolom kunci). Sedangkan untuk menentukan variabel yang keluar basis (baris kunci) akan dipilih dari angka terkecil aturan perbandingan minimum $b_i: \widehat{Y_4}$ dengan nilai vektor kolom yang baru yang berkorespondensi dengan x_4 adalah $\widehat{Y_4} = B^{-1}Y_4$, sehingga diperoleh

$$\min[b_i: \widehat{Y_4}] = \min\left[\begin{bmatrix} 20 \\ 300 \\ 4 \\ 8 \\ 10 \\ 60 \\ 100 \\ 50 \end{bmatrix} : \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0,05 \\ 0,25 \\ 0 \\ 0 \\ 0,625 \end{bmatrix}\right], = \min\begin{bmatrix} \infty \\ \infty \\ \infty \\ 160 \\ 40 \\ \infty \\ \infty \\ 80 \end{bmatrix}$$

Angka terkecil yang diperoleh yaitu 40 yang berkorespondensi dengan variabel s_5 sehingga variabel s_5 digantikan oleh x_4 sebagai variabel basis. Oleh karena itu, matriks basis berubah menjadi $B = [Y_5, Y_1, Y_7, Y_8, Y_4, Y_{10}, Y_3, Y_{12}]$. Tabel simpleks diperbaiki berikutnya nilai b_i berubah menjadi $\widehat{b_i}$ yaitu $\widehat{b_i} = \begin{bmatrix} 20 \\ 300 \\ 4 \\ 5,99 \\ 40 \\ 60 \\ 100 \\ 25 \end{bmatrix}$

d) Iterasi ke-4

Berikut ini tabel keempat simpleks diperbaiki, yaitu

Tabel 6. Tabel keempat simpleks diperbaiki

Variabel Basis				B^{-1}					b_i
s_1	1	$-0,20$	0	0	0	0	0	0	20
x_1	0	2	0	0	0	0	0	0	300
s_3	0	$-0,04$	1	0	0	0	0	0	4
s_4	0	0,13	0	1	0	0	$2,78 \times 10^{-17}$	0	5,99
x_4	0	$-3,2$	0	0	$-0,2$	0	$-1,33$	0	40
s_6	0	0	0	0	0	1	0	0	60
x_3	0	0	0	0	0	0	1,67	0	100
s_8	0	2	0	0	$-2,5$	0	0,83	1	25

Berdasarkan variabel basis di atas, dapat diperoleh *simpleks multiplier* yaitu $\pi = [0 \quad -29.480 \quad 0 \quad 0 \quad 98.500 \quad 0 \quad 13.500 \quad 0]$. Selanjutnya akan dihitung koefisien fungsi tujuan yang baru $(\widehat{c_j})$ yaitu $\widehat{c_6} = -29.480$, $\widehat{c_2} = 6.450$, $\widehat{c_{11}} = 13.500$ dan $\widehat{c_9} = 98.500$. Oleh karena $\widehat{c_6}$ memiliki angka negatif terbesar maka s_2 masuk basis (menjadi kolom kunci). Sedangkan untuk menentukan variabel yang keluar basis (baris kunci) akan dipilih dari angka terkecil aturan perbandingan minimum $b_i: \widehat{Y_6}$ dengan nilai vektor kolom yang baru yang berkorespondensi dengan s_2 adalah $\widehat{Y_6} = B^{-1}Y_6$, sehingga diperoleh

$$\min[b_i:\widehat{Y_6}] = \min\left[\begin{bmatrix}20\\300\\4\\5{,}99\\40\\60\\100\\25\end{bmatrix}:\begin{bmatrix}-0{,}2\\2\\-0{,}04\\0{,}16\\3{,}2\\0\\0\\2\end{bmatrix}\right] = \min\begin{bmatrix}-100\\150\\-100\\37{,}44\\-12{,}5\\\infty\\\infty\\12{,}5\end{bmatrix}$$

Angka terkecil yang diperoleh yaitu 12,5 yang berkorespondensi dengan variabel s_8 sehingga variabel s_8 digantikan oleh s_2 sebagai variabel basis. Oleh karena itu, matriks basis berubah menjadi $B = [Y_5, Y_1, Y_7, Y_8, Y_4, Y_{10}, Y_3, Y_6]$. Tabel simpleks diperbaiki berikutnya nilai b_i berubah menjadi $\hat{b_i}$ yaitu $\hat{b_i} = \begin{bmatrix}22{,}5\\275\\4{,}5\\4\\80\\60\\100\\12{,}5\end{bmatrix}$

e) Iterasi ke-5

Berikut ini tabel kelima simpleks diperbaiki, yaitu

Tabel 7. Tabel kelima simpleks diperbaiki

Variabel Basis	B^{-1}								b_i
s_1	1	0	0	0	$-0{,}25$	0	0,083	0,1	22,5
x_1	0	0	0	0	2,5	0	$-0{,}83$	-1	275
s_3	0	$6{,}94 \times 10^{-18}$	1	0	$-0{,}05$	0	0,017	0,02	4,5
s_4	0	0	0	1	0	0	$-0{,}067$	$-0{,}08$	4
x_4	0	0	0	0	0	0	0	1,6	80
s_6	0	0	0	0	0	1	0	0	60
x_3	0	0	0	0	0	0	1,67	0	100
s_2	0	1	0	0	$-12{,}5$	0	0,42	0,5	12,5

Berdasarkan variabel basis di atas, dapat diperoleh *simpleks multiplier* yaitu $\pi = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 61.650 \quad 0 \quad 25.783{,}33 \quad 14.740]$. Selanjutnya akan dihitung koefisien fungsi tujuan yang baru $(\widehat{c_j})$ yaitu $\widehat{c_{12}} = 14.740$, $\widehat{c_2} = -4.605$, $\widehat{c_{11}} = 25.783{,}33$ dan $\widehat{c_9} = 61.650$. Oleh karena $\widehat{c_2}$ memiliki angka negatif terbesar maka x_2 masuk basis (menjadi kolom kunci). Sedangkan untuk menentukan variabel yang keluar basis (baris kunci) akan dipilih dari angka terkecil aturan perbandingan minimum $b_i:\widehat{Y_2}$ dengan nilai vektor kolom yang baru yang berkorespondensi dengan x_2 adalah $\widehat{Y_2} = B^{-1}Y_2$, sehingga diperoleh

$$\min[b_i:\widehat{Y_2}] = \min\left[\begin{bmatrix}22{,}5\\275\\4{,}5\\4\\80\\60\\100\\12{,}5\end{bmatrix}:\begin{bmatrix}-0{,}075\\0{,}75\\-0{,}015\\0{,}04\\0\\0{,}6\\0\\-0{,}375\end{bmatrix}\right] = \min\begin{bmatrix}-299{,}99\\366{,}67\\-300\\100\\\infty\\100\\\infty\\-33{,}33\end{bmatrix}$$

Angka terkecil yang diperoleh yaitu 100 yang berkorespondensi dengan variabel s_4 dan s_6 sehingga dipilih variabel s_6 digantikan oleh x_2 sebagai variabel basis. Oleh karena itu, matriks basis berubah menjadi $B = [Y_5, Y_1, Y_7, Y_8, Y_4, Y_2, Y_3, Y_6]$. Tabel simpleks diperbaiki berikutnya nilai b_i berubah menjadi $\hat{b_i}$ yaitu

$$\hat{b_i} = \begin{bmatrix} 30 \\ 200 \\ 6 \\ -8{,}88 \times 10^{-16} \\ 80 \\ 80 \\ 100 \\ 50 \end{bmatrix}$$

f) Iterasi ke-6

Berikut ini tabel keenam simpleks diperbaiki, yaitu

Tabel 8. Tabel keenam simpleks diperbaiki

Variabel Basis	B^{-1}								b_i
s_1	1	0	0	0	$-0{,}25$	0,125	0,083	0,1	30
x_1	0	0	0	0	2,5	$-1{,}25$	$-0{,}83$	-1	200
s_3	0	$6{,}94 \times 10^{-18}$	1	0	$-0{,}05$	0,025	0,017	0,02	6
s_4	0	0	0	1	0	$-0{,}067$	$-0{,}067$	$-0{,}08$	$-8{,}88 \times 10^{-16}$
x_4	0	0	0	0	0	0	0	1,6	80
x_2	0	0	0	0	0	1,67	0	0	80
x_3	0	0	0	0	0	0	1,67	0	100
s_2	0	1	0	0	$-12{,}5$	0,625	0,42	0,5	50

Berdasarkan variabel basis di atas dapat diperoleh *simpleks multiplier* yaitu $\pi = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 61.650 \quad 7675 \quad 25.783{,}33 \quad 14.740]$. Selanjutnya akan dihitung koefisien fungsi tujuan yang baru $(\hat{c_j})$ yaitu $\widehat{c_{12}} = 14.740$, $\widehat{c_{10}} = -7.675$, $\widehat{c_{11}} = 25.783{,}33$ dan $\hat{c_9} = 61.650$. Karena $\hat{c_j}$ memiliki angka positif maka Tabel 8 sudah optimum dengan $x_1 = 200$, $x_2 = 80$, $x_3 = 100$ dan $x_4 = 80$. Dengan demikian diperoleh $Maks\ Z = 11.530.000$.

Berdasarkan hasil analisa dengan metode simpleks diperbaiki dihasilkan bahwa keuntungan optimum sebesar Rp 11.530.000 akan dicapai dengan memproduksi kerupuk gendar sejumlah 200 kg, kerupuk soto sejumlah 80 kg, kerupuk bawang sejumlah 100 kg dan kerupuk makaroni sejumlah 80 kg.

III. Analisis Sensitivitas

Selanjutnya dilakukan analisis sensitivitas terhadap perubahan koefisien fungsi tujuan dan konstanta ruas kanan fungsi kendala dari permasalahan di atas.

a. Analisis sensitivitas terhadap perubahan koefisien fungsi tujuan

Koefisien fungsi tujuan berkaitan dengan keuntungan setiap jenis kerupuk yang disimbolkan dengan c_i. Keeuntungan kerupuk gendar, kerupuk soto, kerupuk bawang dan kerupuk makaroni setiap kilogramnya masing-masing disimbolkan dengan c_1, c_2, c_3 ,dan c_4. Rentang perubahan yang masih diperbolehkan untuk c_i agar solusi tetap optimum atau dengan kata lain tetap memperoleh keuntungan yang maksimum dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rentang Perubahan Koefisien Fungsi Tujuan

Konstanta Ruas Kanan Fungsi Kendala	Rentang Perubahan
c_1	$[0, 30.800]$
c_2	$[18.495, \infty]$
c_3	$[12.330, \infty]$
c_4	$[15.412, \infty]$

b. Analisis sensitivitas terhadap perubahan konstanta ruas kanan fungsi kendala
Konstanta ruas kanan fungsi kendala berkaitan dengan perubahan sumber daya atau kapasitas persediaan bahan baku yang dimiliki UD Mekar Sari. Dalam penelitian ini memperhatikan persediaan bahan baku b_1(terigu), b_2 (aci), b_3 (bumbu basah), b_4 (bumbu tabur), b_5 (minyak goreng), b_6 (kerupuk mentah soto), b_7 (kerupuk mentah bawang), dan b_8 (kerupuk mentah makaroni). Rentang perubahan yang masih diperbolehkan untuk b_i agar solusi tetap optimum atau dengan kata lain tetap memperoleh keuntungan yang maksimum dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Rentang Perubahan Konstanta Ruas Kanan Fungsi Kendala

Konstanta Ruas Kanan Fungsi Kendala	Rentang Perubahan
b_1	$[20,\infty)$
b_2	$[100,\infty)$
b_3	$[4,\infty]$
b_4	$[12,\infty]$
b_5	$[70,90]$
b_6	$[0,60]$
b_7	$[0,60]$
b_8	$[0,50]$

SIMPULAN

Berdasaran data komposisi dan persediaan bahan baku untuk memproduksi keempat jenis kerupuk tersebut, dapat dilakukan analisis dan pengolahan data dengan memformulasikannya menjadi program linier melalui metode simpleks yang diperbaiki. Metode ini dianggap lebih efisien dari metode simpleks diperbaiki. Setelah melalui langkah-langkah metode simpleks yang diperbaiki dihasilkan bahwa keuntungan optimum sebesar Rp 11.530.000 akan dicapai dengan memproduksi kerupuk gendar sejumlah 200 kg, kerupuk soto sejumlah 80 kg, kerupuk bawang sejumlah 100 kg dan kerupuk makaroni sejumlah 80 kg. Hasil analisis sensitivitas menunjukan bahwa keuntungan maksimum tetap dicapai jika perubahan koefisien fungsi tujuan dan konstanta ruas kanan fungsi kendala berada pada rentang yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] T. Agustina, E., & Sriwidadi, "Analisis Optimalisasi Produksi dengan Linear Programming Melalui Metode Simpleks," *J. Binus Bus.*, vol. 4, p. 2, 2013.
[2] Y. Siadari, "Keuntungan dalam Produksi industri keripik di Gang PU," Bandar Lampung, 2016.
[3] N. Retnawati, Y., Suswaini, E., & Hayaty, "Optimasi Produksi dan Keuntungan pada Industri Kerupuk dengan Metode Linear Programming Simpleks dan Branch And Bound di CV. Kyria Rezeki.," *J. Umr.*, 2018.
[4] H. Siringoringo, *Seri Teknik Riset operasional. Pemrograman Linier*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu, 2005.
[5] E. Herjanto, *Sains Manajemen : Analisis Kuantitatif untuk Pengambilan Keputusan*. Jakarta: Grasindo, 2005.
[6] A. Widodo, "Perancangan Aplikasi Optimalisasi Jumlah Persediaan Bumbu," *J. Comput. Syst. Informatics*, pp. 346–351, 2020.
[7] P. D. Warsika, "Pengendalian Persediaan Bahan Baku Dalam Mengefisiensikan Biaya," *J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 16 No 2, 2012.

[8] S. H. Nasseri, H. Attari, and A. Ebrahimnejad, "Revised simplex method and its application for solving fuzzy linear programming problems," *Eur. J. Ind. Eng.*, vol. 6, no. 3, pp. 259–280, 2012, doi: 10.1504/EJIE.2012.046670.
[9] H. M. Wagner, "A Comparison of the Original and Revised Simplex Methods," *https://doi.org/10.1287/opre.5.3.361*, vol. 5, no. 3, pp. 361–369, Jun. 1957, doi: 10.1287/OPRE.5.3.361.
[10] J. Bieling, P. Peschlow, and P. Martini, "An efficient GPU implementation of the revised simplex method," *Proc. 2010 IEEE Int. Symp. Parallel Distrib. Process. Work. Phd Forum, IPDPSW 2010*, 2010, doi: 10.1109/IPDPSW.2010.5470831.
[11] C. Sentelle, G. C. Anagnostopoulos, and M. Georgiopoulos, "Efficient revised simplex method for SVM training," *IEEE Trans. Neural Networks*, vol. 22, no. 10, pp. 1650–1661, Oct. 2011, doi: 10.1109/TNN.2011.2165081.
[12] J. Vaidya, "A secure revised simplex algorithm for privacy-preserving linear programming," *Proc. - Int. Conf. Adv. Inf. Netw. Appl. AINA*, pp. 347–354, 2009, doi: 10.1109/AINA.2009.133.
[13] Z. Yamit, *Manajemen Kuantitatif untuk Bisnis (Operation Research)*. Yogyakarta: BPFE, 1999.
[14] J. A. Huangfu, Q., & Julian Hall, *Novel Update Techniques for The Revised Simplex Method*. New York: Springer Science+Business Media, 2014.
[15] V. W. Sujarweni, *Statistik untuk Bisnis dan Ekonomi*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press, 2015.