

Optimasi Produksi Peralatan Dapur Dengan Menggunakan Program Linear Teknik Dua Fase Dan Analisis Sensitivitas

Vera Devani^{*1}, Putri Bungsu², Nigita Putri Lindi Deviko³

^{1,2,3} Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
Email: ¹veradevani@gmail.com, ²putribungsu2tb@gmail.com, ³nigita.putrilindi@gmail.com

Abstrak

UMKM (Usaha Mikro Kecil Menengah) ini berfokus pada pembuatan peralatan dapur berbahan dasar aluminium, seperti dandang, loyang, dan cetakan tumpeng. Penelitian ini menggunakan Metode Program Linear dan Teknik Dua Fase, sedangkan Analisis Sensitivitas diterapkan untuk menilai penggunaan bahan baku dalam proses produksi. Tujuan penelitian adalah untuk menentukan faktor produksi yang dibutuhkan dan mencari nilai sensitivitas agar memperoleh solusi yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keuntungan maksimum pada UMKM dalam sebulan senilai Rp.2.484.000, dengan target produksi sebesar 230 unit dandang. Untuk mencapai produksi ini, diperlukan aluminium berukuran 200 cm x 100 cm sebanyak 231 lembar, serta waktu produksi yang mencakup 345 menit untuk pengukuran, 368 menit untuk pemotongan, dan 322 menit untuk pematrian. UMKM ini tidak perlu menambah produksi produk baru seperti talang air karena tidak memberikan pengaruh pada solusi optimum, tetapi dapat menambahkan kendala baru karena keuntungan produk yang diproduksi bertambah menjadi sebesar Rp. 2.592.000 dengan memproduksi 24 unit dandang.

Kata kunci: Analisis Sensitivitas, Program Linear, Teknik Dua Fase

Abstract

This MSME (Micro, Small and Medium Enterprises) focuses on the manufacture of aluminum-based kitchen utensils, such as pans, baking sheets, and tumpeng molds. This research uses linear program method and two-phase technique, while sensitivity analysis is applied to assess the use of raw materials in the production process. The research objective is to determine the required production factors and find the sensitivity value in order to obtain the optimal solution. The results showed that the maximum profit for MSMEs in a month was Rp.2,484,000, with a production target of 230 units of crockery. To achieve this production, 231 pieces of 200 cm x 100 cm aluminum are required, as well as production time which includes 345 minutes for measuring, 368 minutes for cutting, and 322 minutes for soldering. This MSME does not need to increase the production of new products such as gutters because it does not affect the optimum solution, but can add new constraints because the profit of the products produced increases to Rp. 2,592,000 by producing 24 units of crockery.

Keywords: Linear Programming, Sensitivity Analysis, Two-Phase Technique

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki sumber daya bauksit yang besar, yang merupakan bahan baku utama produksi aluminium. Bauksit ini terdapat di berbagai daerah, antara lain Kalimantan Barat, Riau, dan Kepulauan Riau. Permintaan aluminium di Indonesia didorong oleh industri otomotif, konstruksi, dan manufaktur. Perkiraan ini menunjukkan tingkat pertumbuhan yang stabil seiring dengan berkembangnya sektor-sektor tersebut.

Aluminium adalah logam yang ringan dan elastis. Permukaannya dilapisi oksida yang melindunginya dari korosi [1]. Karena itu, aluminium gampang dibentuk menjadi karya seni yang dibuat dengan tangan dan tahan lama yang membuatnya populer digunakan dalam pembuatan peralatan dapur dan rumah tangga, termasuk untuk pembuatan talang air, cerobong asap, dan kubah masjid.

UMKM merupakan kekuatan ekonomi di Indonesia, menyumbang sebagian besar PDB negara dan menciptakan banyak lapangan kerja serta membantu meningkatkan distribusi pendapatan dan stabilitas perekonomian nasional., UMKM lebih mudah beradaptasi dalam menghadapi perubahan ekonomi dan bisnis. Karena dapat dengan cepat beradaptasi terhadap perubahan pasar dan lingkungan bisnis. Hadirnya UMKM di seluruh nusantara membantu

mengurangi kesenjangan pembangunan antar wilayah, dengan menjadi sumber pendapatan dan lapangan kerja di daerah-daerah terpencil atau kurang berkembang.

Peran penting yang dimiliki oleh UMKM (Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah) berpengaruh pada perkembangan ekonomi di Indonesia. UMKM memberikan pengaruh yang sangat amat besar sehingga menciptakan lapangan kerja bagi masyarakat, memperluas pasar untuk bahan baku lokal, serta memberikan kontribusi terhadap pendapatan dan pajak yang digunakan untuk pembangunan infrastruktur dan layanan publik. UMKM memiliki berbagai macam bidang, salah satunya pada bidang yang memproduksi peralatan dapur berbahan aluminium.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan di industri rumahan Sale Pisang Yuli yang memproduksi 2 jenis yaitu pisang sale berbentuk pipih dan bulat. Penelitian ini menerapkan Metode Program Linier menggunakan Metode Simpleks dan POM-QM. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa industri sale pisang yuli menghasilkan keuntungan sebesar Rp. 135.000,00 dengan memproduksi sale pisang pipih (X_1) sebanyak 3 unit dan sale pisang bulat (X_2) sebanyak 12 unit [2].

Pada penelitian yang dilakukan pada industri makanan Dani Bakery yang memproduksi tiga jenis roti yaitu roti jenis tawar, manis, dan sisir. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa industri makanan Dani Bakery mendapatkan keuntungan maksimal senilai Rp.200.000.000,00 dengan memproduksi roti manis (X_2) untuk setiap bulan. Data pada penelitian ini diolah menggunakan software POM-QM dan juga perhitungan dilakukan dengan cara manual yang menghasilkan hasil yang sama sehingga hasil perhitungan valid [3].

Penelitian ini berfokus pada industri konveksi di PT XYZ yang memproduksi T-Shirt desain A dengan T-Shirt desain B. Penelitian ini melakukan perhitungan menggunakan model matematika Metode Simpleks dengan pengolahan data menggunakan POM-QM. Hasil pengolahan data menampilkan bahwa PT XYZ mendapatkan keuntungan maksimal dengan memproduksi 44 pcs T-Shirt desain A dan 33 pcs T-Shirt desain B dengan nominal sebanyak Rp.6.055.556,00 [4]

Pada penelitian terkait memaksimalkan keuntungan menggunakan model matematik Program Linear yang diteliti pada industri mebel UD Bintang Tiurma yang menjual pintu minimalis dan pintu panel. Proses perhitungan dilakukan secara manual dan juga POM-QM agar menghasilkan keuntungan optimum. Hasil yang diperoleh pada UD Bintang Tiurma sebanyak Rp.700.000 dalam seminggu setiap produksi [5]

Penelitian ini mendalami terkait Program Linear yang ada pada UMKM Taichan Mantoel di Jawa Barat dengan instrumen penelitian pengamatan dan juga interview. Pada pengumpulan data menggunakan kuisioner dengan pengolahan data secara manual sehingga mendapatkan keuntungan maksimal sebesar Rp. 15.300.000,00 dengan jumlah produksi sate taichan dada 36 porsi dan sate taichan kulit 54 porsi [6].

Pada penelitian yang dilakukan saat ini di UMKM yang memproduksi peralatan dapur bertujuan untuk mengoptimalkan keuntungan. Pengambilan keputusan menggunakan Program Linear dengan menambahkan pembatas baru ataupun dengan menambah suatu aktivitas yang baru, mengetahui kebutuhan bahan baku, target produksi, waktu yang dibutuhkan pada tiap proses pembuatan serta keuntungan yang didapat pada tiap produk untuk menentukan nilai sensitivitas sehingga mencapai solusi yang optimal.

Program Linear adalah metode perencanaan menggunakan model matematika yang bertujuan untuk menentukan produk- produk yang optimal dengan mempertimbangkan jumlah stok bahan yang minimum agar mencapai tujuan yang optimum seperti yang telah ditetapkan [7]. Program Linear memiliki bentuk standar dengan karakteristik seperti fungsi tujuan dan fungsi kendala serta variabel keputusan sebagai berikut:

Bentuk umum Program Linear dituliskan sebagai berikut ini: [7]

- Fungsi tujuan:

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n$$

- Fungsi Kendala:

$$Z = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq, =, \geq b_i$$
$$x_j \geq 0$$

Untuk $i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n$ dengan :

Z = Fungsi tujuan

c_j = Koefisien harga variabel

x_j = Variabel

a_{ij} = Konstanta aktivitas ke j dalam kendala ke- i

b_i = Kapasitas sumber i

Metode penyelesaian Program Linier yang umum digunakan untuk memperoleh penyelesaian optimal ialah Metode Simpleks. Metode Simpleks termasuk langkah-langkah pada aljabar berulang yang dimulai dari titik ekstrem dari rentang layak (solusi/rentang layak yang seluruh batasannya terpenuhi) dan bergerak secara bertahap ke titik ekstrem optimal (titik tertinggi yang paling menguntungkan dari fungsi tujuan) [8].

Metode Simpleks adalah teknik yang sangat penting dalam Program Linear untuk menemukan solusi terbaik terhadap masalah maksimisasi atau minimalisasi. George Dantzig mengembangkan metode ini pada tahun 1947, dan sejak itu metode ini menjadi alat utama untuk memecahkan masalah Program Linear. Metode Simpleks ialah suatu strategi yang berguna untuk menyelesaikan masalah Program Linier dengan menemukan solusi terbaik yang melibatkan dua variabel keputusan atau lebih. Proses penentuan kombinasi terbaik dilakukan dengan melakukan iterasi melalui tabel tunggal sampai ditemukan nilai optimal dalam masalah optimasi yang sedang dipelajari [9].

Analisis Sensitivitas ialah salah satu langkah penting saat pengolahan data mencari penyelesaian yang optimal dalam menentukan keputusan. Analisis Sensitivitas secara umum berfungsi untuk menghitung tingkat kestabilan pada hasil solusi optimal jika terdapat kejadian perubahan bobot pada tingkat penilaian dalam pengambilan keputusan [10]. Analisis Sensitivitas diartikan juga sebagai teknik untuk mengetahui persentase pengaruh ketika perubahan parameter-parameter yang mempengaruhi. Parameter yang diubah dapat berupa waktu proses, target produksi dan lain sebagainya [11].

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini memerlukan data seperti nama produk, proses produksi, waktu proses, target produksi, bahan baku yang dibutuhkan, keuntungan produk, dan persediaan bahan baku. Berikut tahapan yang dilakukan pada penelitian:

1. Menentukan variabel
 X_1 = Dandang nasi
 X_2 = Tumpeng
 X_3 = Pemanggang bakso
 X_4 = Loyang
 X_5 = Cetakan tumpeng susun
 X_6 = Tutup cetakan pukis
2. Menentukan fungsi tujuan
Ft Maksimasi
 $Z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4 + c_5x_5 + c_6x_6$
3. Menentukan fungsi kendala
Kendala yang digunakan yaitu bahan baku (aluminium), waktu produksi (proses pengukuran, proses pemotongan, proses pematiran, proses *bending*, persediaan bahan dan target produksi selama sebulan
4. Merumuskan permodelan matematika dengan fungsi tujuan minimasi untuk fase 1
5. Merumuskan permodelan matematika dengan fungsi tujuan maksimasi untuk fase 2
6. Mencari solusi optimal dari Program Linear menggunakan Teknik Dua Fase dengan bantuan POM-QM
7. Melakukan analisis sensitivitas
 - a. Perubahan koefisien fungsi tujuan pada variabel non-basis
 - b. Perubahan koefisien fungsi tujuan pada variabel basis
 - c. Perubahan pada sisi kanan kendala
 - d. Perubahan kolom pada variabel non-basis
 - e. Penambahan aktivitas baru yaitu talang air
 - f. Penambahan kendala baru yaitu proses rolling

3. Hasil dan Analisa

Berikut merupakan model Program Linear agar hasil produk peralatan dapur optimal.

Ft Maksimasi:

$$Z = 108.000X_1 + 18.000X_2 + 13.500X_3 + 10.500X_4 + 31.500X_5 + 18.000X_6$$

Kendala:

$$15X_1 + 10X_2 + 25X_3 + 10X_4 + 10X_5 + 16X_6 \leq 9.360$$

$$16X_1 + 8X_2 + 14X_3 + 6X_4 + 8X_5 + 10X_6 \leq 9.360$$

$$14X_1 + 6X_2 + 6X_3 + 6X_4 + 8X_5 + 8X_6 \leq 9.360$$

$$6X_3 + 6X_4 + 4X_5 + 6X_6 \leq 9360$$

$$X_1 + \frac{1}{20}X_2 + \frac{1}{20}X_3 + \frac{1}{20}X_4 + \frac{1}{20}X_5 + \frac{1}{10}X_6 \geq 23$$

$$10X_1 + 30X_2 + 30X_3 + 100X_4 + 30X_5 + 30X_6 = 230$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6 \geq 0$$

Bentuk Kanonik:

Ft Maksimasi:

$$Z = 108.000X_1 + 18.000X_2 + 13.500X_3 + 10.500X_4 + 31.500X_5 + 18.000X_6 + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3 + 0S_4 - MR_5 - MR_6$$

Kendala:

$$15X_1 + 10X_2 + 25X_3 + 10X_4 + 10X_5 + 16X_6 + S_1 = 9.360$$

$$16X_1 + 8X_2 + 14X_3 + 6X_4 + 8X_5 + 10X_6 + S_2 = 9.360$$

$$14X_1 + 6X_2 + 6X_3 + 6X_4 + 8X_5 + 8X_6 + S_3 = 9.360$$

$$6X_3 + 6X_4 + 4X_5 + 6X_6 + S_4 = 9.360$$

$$X_1 + \frac{1}{20}X_2 + \frac{1}{20}X_3 + \frac{1}{20}X_4 + \frac{1}{20}X_5 + \frac{1}{10}X_6 - S_5 + R_5 = 23$$

$$10X_1 + 30X_2 + 30X_3 + 100X_4 + 30X_5 + 30X_6 + R_6 = 230$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6 \geq 0$$

Berdasarkan persamaan di atas maka didapatkan:

$$R_5 = 23 - X_1 - \frac{1}{20}X_2 - \frac{1}{20}X_3 - \frac{1}{20}X_4 - \frac{1}{20}X_5 - \frac{1}{10}X_6 + S_5$$

$$R_6 = 230 - 10X_1 - 30X_2 - 30X_3 - 100X_4 - 30X_5 - 30X_6$$

Fase 1:

Ft maksimasi:

$$r = R_5 + R_6$$

$$r = 23 - X_1 - \frac{1}{20}X_2 - \frac{1}{20}X_3 - \frac{1}{20}X_4 - \frac{1}{20}X_5 - \frac{1}{10}X_6 + S_5 + 230 - 10X_1 - 30X_2 - 30X_3 - 100X_4 - 30X_5 - 30X_6$$

$$r = 253 - 11X_1 - \frac{601}{20}X_2 - \frac{601}{20}X_3 - \frac{2001}{20}X_4 - \frac{601}{20}X_5 - \frac{301}{10}X_6 + S_5$$

$$r + 11X_1 + \frac{601}{20}X_2 + \frac{601}{20}X_3 + \frac{2001}{20}X_4 + \frac{601}{20}X_5 + \frac{301}{10}X_6 - S_5 = 253$$

Kendala:

$$15X_1 + 10X_2 + 25X_3 + 10X_4 + 10X_5 + 16X_6 = 9.360$$

$$16X_1 + 8X_2 + 14X_3 + 6X_4 + 8X_5 + 10X_6 + S_2 = 9.360$$

$$14X_1 + 6X_2 + 6X_3 + 6X_4 + 8X_5 + 8X_6 + S_3 = 9.360$$

$$6X_3 + 6X_4 + 4X_5 + 6X_6 + S_4 = 9.360$$

$$X_1 + \frac{1}{20}X_2 + \frac{1}{20}X_3 + \frac{1}{20}X_4 + \frac{1}{20}X_5 + \frac{1}{10}X_6 - S_5 + R_5 = 23$$

$$10X_1 + 30X_2 + 30X_3 + 100X_4 + 30X_5 + 30X_6 + R_6 = 230$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, S_1, S_2, S_3, S_4, R_5, R_6 \geq 0$$

Gambar 1 menunjukkan langkah pada iterasi optimal untuk fase 1

Q	Baris Variabel	Quantity	100000 Demand (D1)	10000 Demand Tumpang (D2)	10000 Demand Tumpang (D3)	10000 Demand Tumpang (D4)	10000 Demand Tumpang (D5)	10000 Demand Tumpang (D6)	0 RHS 1	0 RHS 2	0 RHS 3	0 RHS 4	0 RHS 5	0 RHS 6	0 RHS 7
0	Baris 1	0.018	0	0	0	0	-0.1488	0	0.009	1	0	0	0	0	0
0	Baris 2	0.000	0	0	0	0	-0.0047	0	0.000	0	1	0	0	0	0
0	Baris 3	0.000	0	0	0	0	-0.0000	0	0.000	0	0	1	0	0	0
0	Baris 4	0.000	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	Baris 5	0	0	0	0	0	0.000	0	0.000	0	0	0	0	1	0
0	Baris 6	0	0	0	0	0	-0.0000	0	0.000	0	0	0	0	0	1
0	Baris 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	Baris 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 1. Iterasi Fase 1

Berdasarkan hasil yang diperoleh POM-QM terdapat solusi yang fleksibel sehingga R tidak ditambahkan dan dilanjutkan ke tahap fase 2.

Fase 2:

Ft maksimasi:

$$Z = 108.000X_1 + 18.000X_2 + 13.500X_3 + 10.500X_4 + 31.500X_5 + 18.000X_6$$

Kendala:

$$Z = 108.000X_1 + 18.000X_2 + 13.500X_3 + 10.500X_4 + 31.500X_5 + 18.000X_6$$

$$Z = 108.000(23 + \frac{7}{59}X_4 - \frac{3}{59}X_6 + \frac{60}{59}S_5) + 18.000(-X_3 - \frac{199}{59}X_4 - X_5 - \frac{58}{59}X_6 - \frac{20}{59}S_5) + 13.500X_3 + 10.500X_4 + 31.500X_5 + 18.000X_6$$

$$Z = 2.484.000 + \frac{756.000}{59}X_4 - \frac{324.000}{59}X_6 + \frac{6.480.000}{59}S_5 - 18.000X_3 - \frac{3.582.000}{59}X_4 - 18.000X_5 - \frac{1.044.000}{59}X_6 - \frac{360.000}{59}S_5 + 13.500X_3 + 10.500X_4 + 31.500X_5 + 18.000X_6$$

$$Z = 2.484.000 - 4.500X_3 - \frac{2.206.500}{59}X_4 + 13.500X_5 - \frac{306.000}{59}X_6 + \frac{6.120.000}{59}S_5$$

$$Z = 4.500X_3 + \frac{2.206.500}{59}X_4 - 13.500X_5 + \frac{306.000}{59}X_6 - \frac{6.120.000}{59}S_5 = 2.484.000$$

Gambar 2 menunjukkan langkah pada iterasi optimal untuk fase 2.

Iteration	Basic Variable	Quantity	10000 Dandang (X1)	10000 Tumpeng (X2)	10000 Pemanggang Bakso (X3)	10000 Loyang (X4)	10000 Cetakan Tumpeng Susun (X5)	10000 Tutup Cetakan Pukis (X6)	Slack 1	Slack 2	Slack 3	Slack 4	Slack 5	Slack 6
0	Slack 1	0.075	0	-0.0	-0.0	-1.0	-0.0	-0.0	1	0	0	0	0	0
0	Slack 2	0.002	0	-4.0	-0.0	-14.0	-4.0	-0.0	0	1	0	0	0	0
0	Slack 3	0.038	0	-0.0	-0.0	-1.0	-0.0	-0.0	0	0	1	0	0	0
0	Slack 4	0.000	0	0	0	0.0	0	-0.0	0	0	0	1	0	0
0	Slack 5	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	1	0
10000	Dandang (X1)	23.0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0
5	Slack 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Value	2.484.000	100000	324000	324000	1000000	324000	324000	0	0	0	0	0	10000

Gambar 2. Iterasi Fase 2

Gambar 3 menunjukkan output solution QM Version 5

Variable	Status	Value
Dandang(X1)	Basic	23
Tumpeng(X2)	NONBasic	0
Pemanggang Bakso(X3)	NONBasic	0
Loyang(X4)	NONBasic	0
Cetakan Tumpeng Susun(...)	NONBasic	0
Tutup Cetakan Pukis(X6)	Basic	0
Slack 1	Basic	8015
Slack 2	Basic	8992
Slack 3	Basic	8038
Slack 4	Basic	9380
Surplus 5	NONBasic	0
Artif 6	NONBasic	0
Optimal Value (Z)		2484000

Gambar 3. Solution List

Dengan menggunakan QM for Windows V5 diperoleh keuntungan optimal pada UMKM peralatan dapur senilai Rp.2.484.000 dengan memproduksi 23 unit dandang. Kebutuhan bahan baku yang digunakan dalam 1 bulan yaitu aluminium ukuran 200 cm x 100 cm sebanyak 23 lembar dengan target produksi 230 unit produk dandang, waktu pengukuran 345 menit, pemotongan 368 menit, pematrian 322 menit.

3.1. Analisis Sensitivitas

Ft Maksimasi:

$$Z = 108.000X_1 + 18.000X_2 + 13.500X_3 + 10.500X_4 + 31.500X_5 + 18.000X_6$$

Berdasarkan gambar 2 didapatkan perolehan data sebagai berikut:

$$BV = [S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, X_1], NBV = [X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, R_6]$$

$$X_{BV} = [S_1 \ S_2 \ S_3 \ S_4 \ S_5 \ X_1] \quad X_{NBV} = [X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, R_6]$$

$$C_{BV}B^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 108.000 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1,5 & 0 & -1,6 & 0 & -1,4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C_{BV}B^{-1} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 10.800]$$

3.1.1. Perubahan Koefisien Fungsi Tujuan Pada Variabel Nonbasis

1. Basis X_2 (cetakan tumpeng kerucut)
 Koefisien fungsi tujuan X_2 adalah $c_2 = 18.000$ menjadi $(18.000 + \Delta)$.
 $\hat{c}_1 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 10.800] \left[10 \ 8 \ 6 \ 0 \ \frac{1}{20} \ 30 \right] - (18.000 + \Delta) = 306.000 - \Delta$
 Agar $CA_2 \geq 0$ dan basis variabel tetap optimal, maka $\Delta \leq 306.000$, dan diperoleh keuntungan optimum sebesar Rp324.000.
2. Basis X_3 (pemanggang bakso)
 Koefisien fungsi tujuan X_3 adalah $c_3 = 13.500$ menjadi $(13.500 + \Delta)$.
 $\hat{c}_2 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 10.800] \left[25 \ 14 \ 16 \ 6 \ \frac{1}{20} \ 30 \right] - (13.500 + \Delta) = 310.500 - \Delta$
 Agar $CA_3 \geq 0$ dan basis variabel tetap optimal, maka $\Delta \leq 310.500$, dan diperoleh keuntungan optimum sebesar Rp.324.000
3. Basis X_4 (loyang)
 Koefisien fungsi tujuan X_4 adalah $c_4 = 10.500$ menjadi $(10.500 + \Delta)$.
 $\hat{c}_2 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 10.800] \left[10 \ 6 \ 5 \ 6 \ \frac{1}{20} \ 100 \right] - (10.500 + \Delta) = 1.069.500 - \Delta$
 Agar $CA_4 \geq 0$ dan basis variabel tetap optimal, maka $\Delta \leq 1.069.500$, dan diperoleh keuntungan optimum sebesar Rp. 1.080.000
4. Basis X_5 (cetakan tumpeng susun)
 Koefisien fungsi tujuan X_5 adalah $c_5 = 31.500$ menjadi $(31.500 + \Delta)$.
 $\hat{c}_2 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 10.800] \left[10 \ 8 \ 8 \ 4 \ \frac{1}{20} \ 30 \right] - (31.500 + \Delta) = 292.500 - \Delta$
 Agar $CA_5 \geq 0$ dan basis variabel tetap optimal, maka $\Delta \leq 292.500$, dan diperoleh keuntungan optimum sebesar Rp. 324.000
5. Basis X_6 (tutup cetakan pukis)
 Koefisien fungsi tujuan X_6 adalah $c_6 = 18.000$ menjadi $(18.000 + \Delta)$.
 $\hat{c}_2 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 10.800] \left[16 \ 10 \ 8 \ 6 \ \frac{1}{10} \ 30 \right] - (18.000 + \Delta) = 306.000 - \Delta$
 Agar $CA_6 \geq 0$ dan basis variabel tetap optimal, maka $\Delta \leq 306.000$, dan diperoleh keuntungan optimum sebesar Rp. 324.000

3.1.2 Analisis Perubahan Koefisien Fungsi Tujuan Pada Variabel Basis

1. Variabel basis c_1 (dandang)
 Keuntungan dandang (c_1) dari 108.000 menjadi $(108.000 + \Delta)$ maka C_{BV} terbaru adalah $[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 360.000 + \Delta]$ sehingga:
 $C_{BV}B^{-1} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 360.000 + \Delta] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1,5 & 0 & -1,6 & 0 & -1,4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
 $= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 10.800 + 0,1 \Delta]$
 Koefisien baris 0 menjadi:
 - a. $\hat{c}_2 = C_{BV}B^{-1} a_2 - c_2 = 306.000 + 2 \Delta$ atau $\Delta \geq -153.000$
 - b. $\hat{c}_3 = C_{BV}B^{-1} a_3 - c_3 = 310.500 + 3 \Delta$ atau $\Delta \geq -103.500$
 - c. $\hat{c}_4 = C_{BV}B^{-1} a_4 - c_4 = 1.069.500 + 10 \Delta$ atau $\Delta \geq -106.950$
 - d. $\hat{c}_5 = C_{BV}B^{-1} a_5 - c_5 = 292.500 + 2 \Delta$ atau $\Delta \geq -146.250$
 - e. $\hat{c}_6 = C_{BV}B^{-1} a_6 - c_6 = 306.000 + 2,5 \Delta$ atau $\Delta \geq -122.400$
 - f. $\hat{R}_6 = C_{BV}B^{-1} \hat{R}_6 - c\hat{R}_6 = 10.800 + 0,1 \Delta$ atau $\Delta \geq -108.000$
 Maka, solusi basis saat ini akan tetap optimal jika $-106.950 \leq \Delta \leq -103.500$. Artinya jika c_1 turun dari -106.950 dan meningkat lebih dari -103.500. Maka, solusi basis saat ini tidak

optimal dan jika c_1 naik lebih dari -106.950 dan turun lebih kecil dari -103.500. Maka solusi basis saat akan tetap optimal.

3.1.3. Analisis Perubahan Pada Ruas Kanan Kendala

Proses produksi peralatan dapur aluminium ini, UMKM ini memerlukan tambahan sisi kanan pembatas, yaitu sebagai berikut:

1. Target produksi

Dalam produksi peralatan dapur aluminium, perusahaan memerlukan penambahan target produksi karena adanya pesanan tetap setiap bulannya. c_6 (target produksi) dari 230 menjadi $(230 + \Delta)$, maka perhitungan ruas kanan yaitu:

$$B^{-1}b_1 = \begin{bmatrix} 10 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1,5 & 0 & -1,6 & 0 & - \\ 1,4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0,1 & 0 & 0,1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 9.360 & 9.360 & 9.360 & 9.360 & 23 & 230 & + \\ \Delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 9.015 & 8.992 & 9.038 & 9.360 & 46 & 23 & + \\ 0,1 \Delta \end{bmatrix}$$

Maka penambahan target produksi dapat dilaksanakan karena menambah nilai keuntungan yang didapatkan dari Rp. 2.484.000 menjadi Rp. 2.646.000. Dapat disimpulkan bahwa target produksi masih dapat dilakukan penambahan.

3.1.4. Analisis Perubahan Kolom Pada Variabel Non Basis

1. Perubahan kolom X_2 (Cetakan tumpeng kerucut)

Perubahan yang dilakukan adalah pada penambahan waktu pemotongan, yang mana waktu pemotongan yang awalnya 8 menit menjadi 10 menit agar produk yang dihasilkan lebih rapi dan presisi.

$$a_2 = \begin{bmatrix} 10 & 8 & 6 & 0 & \frac{1}{20} & 30 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_2 = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 6 & 0 & \frac{1}{20} & 30 \end{bmatrix}$$

Maka $c_2 = C_{BV}B^{-1}a_{1-c_2} = 306.000$. Karena $c_2 \geq 0$, maka perlu dilakukan perubahan karena solusi basis yang dihasilkan optimal.

2. Perubahan kolom X_3 (Pemanggang)

Perubahan waktu pemotongan dari 14 menit menjadi 20 menit bertujuan agar agar menghasilkan bentuk rangkaian dandang air yang lebih rapi dan presisi karena memiliki waktu pemotongan yang cukup lama.

$$a_3 = \begin{bmatrix} 25 & 14 & 16 & 6 & \frac{1}{20} & 30 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_3 = \begin{bmatrix} 25 & 14 & 16 & 6 & \frac{1}{20} & 30 \end{bmatrix}$$

Maka $c_3 = C_{BV}B^{-1}a_{1-c_3} = 310.500$. Karena $c_3 \geq 0$, maka perlu dilakukan perubahan karena solusi basis yang dihasilkan optimal.

3. Perubahan kolom X_4 (Loyang)

Perubahan waktu pemotongan dari 6 menit menjadi 10 menit bertujuan agar hasil pemotongan bagus dan presisi karena pengukuran dilakukan secara manual.

$$a_4 = \begin{bmatrix} 10 & 6 & 6 & 6 & \frac{1}{20} & 100 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_4 = \begin{bmatrix} 10 & 6 & 6 & 6 & \frac{1}{20} & 100 \end{bmatrix}$$

Maka $c_4 = C_{BV}B^{-1}a_{1-c_4} = 1.069.500$. Karena $c_4 \geq 0$, maka perlu dilakukan perubahan karena solusi basis yang dihasilkan optimal.

4. Perubahan kolom X_5 (Cetakan tumpeng tingkat)

Perubahan waktu pemotongan dari 8 menit menjadi 13 menit bertujuan agar agar menghasilkan bentuk rangkaian dandang air yang lebih rapi dan presisi karena memiliki waktu pemotongan yang cukup lama.

$$a_5 = \begin{bmatrix} 10 & 8 & 8 & 4 & \frac{1}{20} & 30 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_5 = \begin{bmatrix} 10 & 13 & 8 & 4 & \frac{1}{20} & 30 \end{bmatrix}$$

Maka $c_5 = C_{BV}B^{-1}a_{1-c_5} = 292.500$. Karena $c_5 \geq 0$, maka perlu dilakukan perubahan karena solusi basis yang dihasilkan optimal

5. Perubahan kolom X_6 (Cetakan tutup pukis)

Perubahan waktu pemotongan dari 10 menit menjadi 15 menit bertujuan agar hasil pengukuran mendapatkan hasil yang bagus dan presisi karena pengukuran dilakukan secara manual.

$$a_6 = \begin{bmatrix} 16 & 8 & 8 & 6 & \frac{1}{10} & 30 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_6 = \begin{bmatrix} 16 & 15 & 8 & 8 & \frac{1}{10} & 30 \end{bmatrix}$$

Maka $c_6 = C_{BV}B^{-1}a_{1-c_6} = 306.000$. Karena $c_6 \geq 0$, maka perlu dilakukan perubahan karena solusi basis yang dihasilkan optimal

3.1.5. Analisis Penambahan Suatu Aktivitas Baru

Tambahan aktivitas baru yaitu produk ke-7 talang air. Sehingga formulasi model baru menjadi:

Ft Maksimasi:

$$Z = 108.000X_1 + 18.000X_2 + 13.500X_3 + 10.500X_4 + 31.500X_5 + 18.000X_6 + 33.000X_7$$

$$\hat{C}_7 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 10.800] \left[20 \ 12 \ 16 \ 10 \ \frac{1}{5} \ 10 \right] - 33.000 = 75.000$$

Karena $C_7 \geq 0$ maka solusi basis saat ini tidak optimal sehingga produk ke-7 yaitu talang air tidak perlu diproduksi karena mengeluarkan biaya ongkos senilai 75.000 tanpa memperoleh keuntungan.

3.1.6. Analisis Penambahan Kendala Baru

Tambahan kendala baru akan berpengaruh pada solusi optimal jika kendala tersebut aktif berarti kendala yang sudah ada belum cukup. Model matematika apabila ditambahkan proses *rolling* sehingga fungsi tujuan akan menjadi:

Ft Maksimasi:

$$Z = 108.000X_1 + 18.000X_2 + 13.500X_3 + 10.500X_4 + 31.500X_5 + 18.000X_6 + 33.000X_7$$

Gambar 4 menunjukkan solution list QM Version 5

(untitled) Solution		
Variable	Status	Value
Dandang (X1)	Basic	24
Kerucut(X2)	NONBasic	0
Pemanggang (X3)	NONBasic	0
Loyang(X4)	NONBasic	0
Tumpeng Susun(X5)	NONBasic	0
Tutup Pukis(X6)	NONBasic	0
Talang Air(X7)	NONBasic	0
slack 1	Basic	9000
slack 2	Basic	8976
slack 3	Basic	9024
slack 4	Basic	9360
surplus 5	Basic	1
artfcl 6	NONBasic	0
slack 7	Basic	9072
Optimal Value (Z)		2592000

Gambar 4. Solution List Penambahan Kendala Baru

Jadi dalam menambahkan kendala baru dapat dilakukan karena berpengaruh pada solusi optimal, karena keuntungan produk yang di produksi bertambah, yaitu keuntungan sebesar Rp. 2.592.000 dengan memproduksi 24 unit dandang.

4. Kesimpulan

Keuntungan yang didapatkan dari produksi peralatan dapur bahan aluminium yaitu sebesar Rp. 2.484.000 dengan memproduksi produk dandang sebanyak 230 unit. Dalam memproduksi menggunakan bahan baku aluminium ukuran 200 cm x 100 cm sebanyak 23 lembar, waktu proses produksi yaitu pengukuran 345 menit, pemotongan 368 menit, pematrian 322 menit.

Dalam melakukan analisis sensitivitas UMKM tidak perlu menambah aktivitas baru yaitu talang air, karena tidak mempengaruhi penyelesaian optimum yang diperoleh, tetapi dapat dilakukan penambahan kendala baru yaitu proses rolling karena keuntungan produk yang di produksi bertambah menjadi sebesar Rp. 2.592.000 dengan memproduksi 24 unit dandang.

Referensi

- [1] Renaldi, R., & Angge, I. C. Video Pembuatan Produk dari Limbah Kaleng Aluminium untuk Siswa SMPN 12 Gresik. *Jurnal Seni Rupa*. 2022;10(1): 125-135.
- [2] Indrayanti, Risqiati, & Royanti, N. I. Optimalisasi Keuntungan Maksimal Penjualan Sale Pisang dengan Menggunakan Metode Simpleks dengan Software POM-QM. *IC-Tech*. 2022; 17(2):1-8.
- [3] Rumetna, M. S., Lina, T. N., Sari, T. P., Mugu, P., Assem, A., & Sianturi, R. Optimasi Jumlah Produksi Roti Menggunakan Program Linear Dan Software POM-QM. *CBIS Journal*. 2021;9(1):42-49
- [4] Hani, N., & Harahap, E. Optimasi Produksi T-Shirt Menggunakan Metode Simpleks. *Jurnal Matematika*. 2021;20(2):27-32
- [5] Rumetna, M. S., Lina, T. N., Tauran, L. R., Sitorus, N., Patty, T., Malak, A., Yawan, K., & Orisu, N. Penerapan Metode Simpleks pada Usaha Dagang Bintang Tiurma. *Journal Of Innovation Information Technology and Application*.2020; 2(1): 28-36.
- [6] Anti, A. R., & Sudrajat, A. Optimasi Keuntungan Menggunakan Linear Programming Metode Simpleks. *Jurnal Manajemen*. 2021;13(2):188-194
- [7] Irsyad, Katili, M. R., & Achmad, N. Penerapan Metode Integer Linear Programming pada Penjadwalan Karyawan. *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika*. 2020;4(1):63-73
- [8] Rastryana, U., Rusmayanti, S., Lestari, T., & Damhudi, D. ImplementasiMetode Simpleks untuk Memperoleh Laba Maksimum pada Toko Kue Cantika. *Jurnal Ilmiah Manajemen*. 2023;7(2):1538-1552.
- [9] Febriansyah, A., & Jufri. E-Modul Riset Operasi Materi Metode Simpleks Mahasiswa Pendidikan Teknologi Informasi (PTI) Universitas Rokania. *Jurnal MediaTIK: Jurnal Media Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer*. 2024;7(2):15-20
- [10] Wiguna, I. K. A. G., Semadi, K. N., Sudipa, I. G. I., & Septiawan, I. K. J. Analisis Sensitivitas Prioritas Kriteria Pada Metode Analytical Hierarchy Process (Kasus Penentuan Pemberian Kredit). *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer dan Informatika)*.2022; 6(1):1-11.
- [11] Tenawaheng, P. P. R., Utomo, C., & Wiguna, I. P. A. Analisis Sensitivitas Investasi Apartemen Begawan. *Jurnal Teknik ITS*. 2021;10(1):25-30.