

# Optimasi Keuntungan Produk Aluminium Menggunakan Metode *Two Phase Simplex* dan *Sensitivity Analysis*

Vera Devani<sup>\*1</sup>, Fritzy Zinta<sup>2</sup>, Ikhwan Hadi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293

Email: <sup>1</sup>veradevani@gmail.com, <sup>2</sup>12250222441@students.uin-suska.ac.id, <sup>3</sup>ikhwan.dmz@gmail.com

## Abstrak

Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) ini memproduksi produk berupa dandang berbahan aluminium, termasuk dandang bakso, dandang nasi, dandang mie ayam, dandang bandrek, panggangan, gembor, kubah masjid, dan produk lainnya. Penelitian ini menggunakan metode *Linier Programming*, *Two Phase Simplex* dan *Sensitivity Analysis* untuk mengelola sumber daya dalam proses produksi. Tujuannya adalah untuk menentukan sumber daya yang ada dan nilai sensitivitas atas solusi maksimal yang didapat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keuntungan optimal UMKM ini per bulan adalah Rp 16.825.030 dengan memproduksi produk dandang mie ayam sebanyak 2,86 unit, kubah masjid sebanyak 36,79 unit dan target produksi sebanyak 151,19  $\approx$  152 unit. Sumber daya yang dibutuhkan meliputi 150,02  $\approx$  151 lembar aluminium dan waktu produksi dengan waktu pengukuran 2.236 menit, pemotongan 4.437,66  $\approx$  4.438 menit, pengeboran 1.112,28  $\approx$  1.113 menit, dan *rolling* 2.589,5  $\approx$  2.590 menit. Analisis Sensitivitas (*Sensitivity Analysis*) dilakukan pada perubahan kolom variabel nonbasis produk panggangan dengan keuntungan Rp 31.965, sementara analisis lainnya tidak diperlukan karena sudah optimal.

**Kata kunci:** *Linier Programming*, *Sensitivity Analysis*, *Two Phase Simplex*.

## Abstract

This MSME (Micro, Small and Medium Enterprises) produces products in the form of aluminum cormorant, including meatball cormorant, rice cormorant, chicken noodle cormorant, bandrek cormorant, grills, gembor, mosque domes, and other products. This research uses *Linear Programming*, *Two Phase Simplex* and *Sensitivity Analysis* methods to manage resources in the production process. The aim is to determine existing resources and the sensitivity value of the maximum solution obtained. The research results show that the optimal profit per month for this MSME is IDR 16,825,030 by producing 2.86 units of chicken noodle steamer products, 36.79 units of domes and a production target of 151,19  $\approx$  152 units. The resources required include 150,02  $\approx$  151 aluminum sheets and production time with measuring time of 2,236 minutes, cutting 4.437,66  $\approx$  4.438 minutes, drilling 1.112,28  $\approx$  1.113 minutes, and rolling 2.589,5  $\approx$  2.590 minutes. Sensitivity Analysis was conducted on the changes in the non-base variable column of the baked goods product, resulting in a profit of Rp 31,965, while no other analysis was necessary as it was already optimal.

**Keywords:** *Linier Programming*, *Sensitivity Analysis*, *Two Phase Simplex*.

## 1. Pendahuluan

Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) adalah kegiatan ekonomi rakyat dengan skala kecil yang mencukupi kriteria kekayaan yang bersih atau penjualan tahunan serta kepemilikan sesuai dengan peraturan undang-undang [1]. UMKM mengacu pada kegiatan usaha yang dibentuk oleh masyarakat, baik berupa usaha perorangan atau badan usaha.

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengidentifikasi keuntungan terbesar dalam proses produksi lemon cina dan daun jeruk purut. Pada penyelesaian masalah tersebut diterapkan Metode Simpleks untuk proses penganalisaan penurunan biaya produksi dalam jangka waktu 5 bulan dengan 2 variabel dan 3 pembatas. Keuntungan harian dapat diperoleh sebesar Rp 41.000, jadi total keuntungan dalam jangka waktu 5 bulan adalah Rp 6.150.000 [2].

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengembangkan model matematis guna mengoptimalkan produksi makaroni lko, menggunakan *Linear Programming* untuk memaksimalkan keuntungan, serta menganalisis sensitivitas hasil optimalisasi produksi dengan bantuan POM-QM yang terdapat 6 variabel dan 7 pembatas didalamnya. Dari hasil analisis Metode Simpleks jumlah produksi optimal meningkat menjadi 3.149 buah makaroni, didapatkan keuntungan sebanyak Rp 10.571.300. Hasil riset menunjukkan adanya variabel pengetat

(*slack/surplus*) yang tidak nol, menunjukkan bahwa bahan baku yang tersedia tidak mencukupi untuk memproduksi semua varian rasa makaroni. Untuk mengatasi hal ini, disarankan untuk meningkatkan jumlah produksi makaroni pada produksi berikutnya [3].

Penelitian yang dilakukan dengan tujuan untuk membantu industri konfeksi *t-shirt* mengoptimalkan produksi guna memperoleh keuntungan maksimal dengan biaya minimal tanpa mengorbankan kualitas, menggunakan *Linier Programming*. Dengan 2 variabel dan 5 pembatas, didapatkan hasil produksi optimal yaitu 44 pcs *t-shirt* desain A dan 33 pcs *t-shirt* desain B, menghasilkan keuntungan Rp 6.055.556. Penelitian ini masih dapat dikembangkan lebih lanjut, disarankan untuk menggunakan aplikasi lain sebagai perbandingan dan melakukan analisis optimasi keuntungan dengan peningkatan produksi serta penambahan pembatas [4].

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk membantu UMKM Risoles Bu Siti menghitung keuntungan maksimum dengan efektif dan efisien. Pada penelitian yang dilakukan, terdapat 2 variabel dan 6 pembatas, keuntungan maksimum yang diperoleh dalam satu hari adalah Rp 140.625, dengan memproduksi 31,25 buah risoles mayo daging asap sapi ( $x_1$ ) dan 18,75 buah risoles mayo daging ayam ( $x_2$ ) menggunakan Metode Simpleks dengan perhitungan POM-QM [5].

Penelitian yang dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi keuntungan maksimal Martabak Wong Tegal (WB) dalam proses produksi dua macam krep lipat tebal dengan menerapkan Metode Simpleks dan bantuan *software* POM-QM. Dengan 2 variabel dan 3 pembatas, diperoleh keuntungan maksimal per hari mencapai Rp 750.000 per produksinya [6].

Penelitian yang sekarang dilakukan berfokus pada sebuah UMKM yang memproduksi berbagai jenis dandang berbahan aluminium, seperti dandang bakso, dandang nasi, dandang mie ayam, dandang bandrek, panggangan, gembor, kubah masjid, dan produk lainnya dengan beberapa waktu proses berupa waktu pengukuran, waktu pemotongan, waktu pengeboran, waktu *rolling* dan *finishing* serta kebutuhan aluminium dan target produksinya. Pada penelitian ini terdapat 7 variabel dan 7 pembatas, UMKM ini perlu menggunakan Metode *Linier Programming* untuk memaksimalkan keuntungan yang akan diperoleh dalam satu bulan dengan menggunakan Metode *Two Phase Simplex* dan *Sensivity Analysis*.

*Linier Programming* adalah metode analisis perencanaan dan teknik riset operasi yang menggunakan model matematika. Metode ini bertujuan menemukan berbagai alternatif solusi masalah dan memilih yang terbaik untuk merancang strategi alokasi sumber daya dan dana terbatas agar tujuan tercapai secara optimal [7]. Riset Operasi membantu pengambil keputusan menyelesaikan masalah operasional perusahaan secara optimal dan kuantitatif, termasuk menentukan jumlah produksi optimum dan keuntungan maksimum melalui aplikasi *Linear Programming*. Adapun bentuk umum *Linier Programming* adalah [9]:

Maksimumkan:

$$z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \tag{1}$$

Berdasarkan Pembatas:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\leq b_2 \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &\leq b_m \\ x_1, x_2, \dots, x_n &\geq 0 \end{aligned} \tag{2}$$

Umumnya terdapat istilah untuk model *Linier Programming* ini, yaitu:

- Fungsi yang akan dimaksimumkan berbentuk  $c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$ , dikenal dengan fungsi tujuan.
- Pembatas atau batasan.
- Sebanyak m buah pada batasan pertama disebut sebagai batasan fungsional atau pembatas teknologis.
- Pembatas  $x_j \geq 0$  dikenal dengan batasan nonnegatif.
- Variabel  $x_j$  yaitu variabel keputusan.
- Batasan-batasan pada  $a_{ij}$ ,  $b_i$  dan  $c_j$  merupakan variabel-variabel model.

Metode Simpleks adalah teknik yang digunakan untuk mencari solusi penyelesaian permasalahan *Linier Programming*, metode ini biasanya terdiri dari dua atau lebih variabel keputusan [10]. Pendekatan ini mencari kombinasi optimal dengan cara perulangan iterasi untuk tabel simpleks hingga menemukan nilai optimal pada permasalahan optimasi, seperti

memaksimalkan keuntungan atau meminimumkan biaya. Metode ini bergantung pada perhitungan yang terstruktur untuk menemukan solusi yang optimal dalam konteks yang diberikan.

Metode *Two Phase Simplex* (Metode Simpleks Dua Fase) adalah pendekatan yang digunakan dalam menyelesaikan model *Linier Programming* yang mengandung batasan tanda  $\geq$ . Ini merupakan alternatif bagi Metode Big M disaat penyelesaian awal yang layak tidak tersedia. Tahapan-tahapan dari Metode *Two Phase Simplex* adalah [11]:

#### 1. Phase 1

- a. Merubah model *Linier Programming* menjadi bentuk standar
  - b. Membentuk tabel dasar untuk Metode Simpleks
  - c. Memilih *entering* variabel nilai terbesar positif dalam baris fungsi tujuan
  - d. Memilih *leaving* variabel nilai terkecil positif dari nilai rasio.
  - e. Mengkalkulasikan koefisien variabel pada baris baru dengan menerapkan metode eliminasi Gauss-Jordan
  - f. Membentuk tabel hasil
  - g. Solusi dikategorikan fisibel jika nilai fungsi tujuan *Phase 1* berupa nilai nol dan meneruskan perjalanan *Phase 2* dengan mengesampingkan variabel *artificial*.
2. *Phase 2* meliputi serangkaian iterasi untuk menemukan nilai optimal dari fungsi tujuan awal. Pemilihan variabel yang masuk dalam kategori maksimasi dilakukan dengan memilih koefisien pada baris fungsi tujuan paling negatif. Fungsi tujuan awal, Z tetap digunakan dalam *Phase 2*, dan jika tidak ada koefisien negatif pada Z dalam kasus maksimasi, solusi dianggap optimal.

Analisis sensitivitas bertujuan untuk mengevaluasi bagaimana perubahan parameter produksi dapat mempengaruhi kinerja sistem produksi dan keuntungannya. Hal ini sering digunakan untuk menguji konsistensi dan ketahanan suatu pilihan.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini memerlukan data mengenai produk yang diproduksi, waktu proses tiap tahapan produksi, ketersediaan bahan baku utama serta target dari produksi dalam jangka waktu sebulan. Tahapan pengolahan data dipenelitian ini yaitu:

#### 1. Menetapkan variabel:

- $x_1$  = dandang bakso
- $x_2$  = dandang nasi
- $x_3$  = dandang mie ayam
- $x_4$  = dandang bandrek
- $x_5$  = panggangan
- $x_6$  = kubah mesjid

#### 2. Menetapkan fungsi tujuan metode teknik dua fase

Ft Maksimasi :

$$z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4 + c_5x_5 + c_6x_6$$

#### 3. Menetapkan fungsi pembatas

Pembatasnya yakni waktu pengukuran, waktu pemotongan, waktu pengeboran, waktu *rolling*, ketersediaan aluminium dan target prodksi

#### 4. Menetapkan model matematis *Phase 1* untuk fungsi dari tujuan minimasi

#### 5. Menetapkan model matematis *Phase 2* untuk fungsi dari tujuan maksimasi

#### 6. Menetapkan penyelesaian optimal *Linier Programming* Teknik Dua Fase (*Two Phase Simplex*) dengan *software* POM-QM *Version 5*

#### 7. Tahapan Analisis Sensitivitas (*Sensivity Analysis*)

- a. Melakukan analisa perubahan koefisien fungsi tujuan pada variabel nonbasis
- b. Melakukan analisa perubahan koefisien fungsi tujuan pada variabel basis
- c. Melakukan analisa perubahan pada ruas kanan pembatas
- d. Melakukan analisa perubahan kolom variabel nonbasis
- e. Melakukan analisa penambahan suatu variabel atau aktivitas baru yaitu menambah produk gembor
- f. Melakukan analisa penambahan suatu pembatas baru yaitu berupa proses *finishing*

### 3. Hasil dan Analisa

Adapun model matematis dari produk aluminium adalah:

Ft Maksimasi:

$$z = 85.000x_1 + 92.000x_2 + 95.000x_3 + 90.000x_4 + 25.000x_5 + 450.000x_6$$

Pembatas:

$$\begin{aligned} 10x_1 + 10x_2 + 10x_3 + 10x_4 + 5x_5 + 60x_6 &\leq 14.040 \\ 8x_1 + 8x_2 + 8x_3 + 8x_4 + 5x_5 + 120x_6 &\leq 14.040 \\ 6x_1 + 7x_2 + 3x_3 + 3x_4 + 2x_5 + 30x_6 &\leq 14.040 \\ 5x_1 + 5x_2 + 5x_3 + 5x_4 + 70x_6 &\leq 14.040 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \frac{1}{2}x_5 + 4x_6 &= 150 \\ 40x_1 + 40x_2 + 40x_3 + 10x_4 + 20x_5 + x_6 &= 151 \\ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 &\geq 0 \end{aligned}$$

Bentuk Kanonik:

$$z = 85.000x_1 + 92.000x_2 + 95.000x_3 + 90.000x_4 + 25.000x_5 + 450.000x_6 + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3 + 0S_4 - MR_5 - MR_6$$

Pembatas:

$$\begin{aligned} 10x_1 + 10x_2 + 10x_3 + 10x_4 + 5x_5 + 60x_6 + S_1 &= 14.040 \\ 8x_1 + 8x_2 + 8x_3 + 8x_4 + 5x_5 + 120x_6 + S_2 &= 14.040 \\ 6x_1 + 7x_2 + 3x_3 + 3x_4 + 2x_5 + 30x_6 + S_3 &= 14.040 \\ 5x_1 + 5x_2 + 5x_3 + 5x_4 + 70x_6 + S_4 &= 14.040 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \frac{1}{2}x_5 + 4x_6 + R_5 &= 150 \\ 40x_1 + 40x_2 + 40x_3 + 10x_4 + 20x_5 + x_6 + R_6 &= 151 \\ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, S_1, S_2, S_3, S_4, R_5, R_6 &\geq 0 \end{aligned}$$

Pada persamaan tersebut diperoleh:

$$\begin{aligned} R_5 &= 150 - x_1 - x_2 - x_3 - x_4 - \frac{1}{2}x_5 - 4x_6 \\ R_6 &= 151 - 40x_1 - 40x_2 - 40x_3 - 10x_4 - 20x_5 - x_6 \end{aligned}$$

#### Fase 1 (Phase 1)

Ft Minimasi:  $r = R_5 + R_6$

$$r + 41x_1 + 41x_2 + 41x_3 + 11x_4 + \frac{41}{2}x_5 + 5x_6 = 301$$

Pembatas:

$$\begin{aligned} 10x_1 + 10x_2 + 10x_3 + 10x_4 + 5x_5 + 60x_6 + S_1 &= 14.040 \\ 8x_1 + 8x_2 + 8x_3 + 8x_4 + 5x_5 + 120x_6 + S_2 &= 14.040 \\ 6x_1 + 7x_2 + 3x_3 + 3x_4 + 2x_5 + 30x_6 + S_3 &= 14.040 \\ 5x_1 + 5x_2 + 5x_3 + 5x_4 + 70x_6 + S_4 &= 14.040 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \frac{1}{2}x_5 + 4x_6 + R_5 &= 150 \\ 40x_1 + 40x_2 + 40x_3 + 10x_4 + 20x_5 + x_6 + R_6 &= 151 \\ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, S_1, S_2, S_3, S_4, R_5, R_6 &\geq 0 \end{aligned}$$

Gambar 1 menunjukkan iterasi optimum Fase 1 (Phase 1). Dari Gambar 1, dapat diambil kesimpulan jika basis dibaris  $c_j - z_j$  sudah terdapat nilai 0 atau -1, langkah selanjutnya adalah melanjutkan ke Fase 2 (Phase 2).

Qj	Baris ke-	Costing	85000	92000	95000	90000	25000	450000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Baris 1	Baris 2	Baris 3	Baris 4	Baris 5	Baris 6	Baris 7	Baris 8	Baris 9	Baris 10	Baris 11	Baris 12	Baris 13	Baris 14	Baris 15	Baris 16
Baris 1	Baris 1	14.040	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Baris 2	14.040	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Baris 3	14.040	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Baris 4	14.040	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Baris 5	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Baris 6	151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Baris 7	301	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Baris 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Baris 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 1. Iterasi Optimum Fase 1 (Phase 1)

**Fase 2 (Phase 2)**

Dari tabel optimal pada Fase 1 (Phase 1) diatas didapat persamaan-pesamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{200}{53}X_4 + S_1 &= \frac{2.020.180}{159} \\ -\frac{880}{53}X_4 + X_5 + S_2 &= \frac{1.814.368}{159} \\ -\frac{219}{53}X_4 - X_5 + S_3 &= \frac{708.602}{53} \\ -\frac{500}{53}X_4 - \frac{5}{2}X_5 + S_4 &= \frac{1.988.360}{159} \\ \frac{10}{53}X_4 + X_6 &= \frac{5.849}{159} \\ X_1 + X_2 + X_3 + \frac{13}{53}X_4 + \frac{1}{2}X_5 &= \frac{454}{159} \end{aligned}$$

Ft Maksimasi:

$$z = 85.000x_1 + 92.000x_2 + 95.000x_3 + 90.000x_4 + 25.000x_5 + 450.000x_6$$

$$z = 85.000\left(\frac{514}{159} - x_2 - x_3 - \frac{13}{53}x_4 - \frac{1}{2}x_5\right) + 92.000x_2 + 95.000x_3 + 90.000x_4 + 25.000x_5 + 450.000\left(\frac{5.849}{159} - \frac{10}{53}x_4\right)$$

$$z = 10.036.101 + 7.000x_2 + 10.000x_3 - 55.000x_4 - \frac{20000}{3}x_5$$

$$z - 7.000x_2 + 10.000x_3 - \frac{15.747.717}{1.000}x_4 - -17.500x_5 = 16.796.478$$

Gambar 2 menunjukkan iterasi optimum Fase 2 (Phase 2), sedangkan Gambar 3 menunjukkan output solution QM Version 5.

Iteration	Slack	Basic	Non-Basic	...
1	11804.28	8602.82	17827.85	...
2	11450.69	...	...	...
3	...	...	...	...
4	...	...	...	...
5	...	...	...	...

Gambar 2. Iterasi Optimum Fase 2 (Phase 2)

Variable	Status	Value
Dandang Bakso (X1)	NONBasic	0
Dandang Nasi (X2)	NONBasic	0
Dandang Mie Ayam (X3)	Basic	2,86
Dandang Bandrek (X4)	NONBasic	0
Panggang (X5)	NONBasic	0
Kubah Masjid (X6)	Basic	36,79
slack 1	Basic	11804,28
slack 2	Basic	8602,82
slack 3	Basic	17827,85
slack 4	Basic	11450,69
artikel 5	NONBasic	0
artikel 6	NONBasic	0
Optimal Value (Z)		16825030

Gambar 3. Output Solution

Dengan menggunakan software POM-QM Version 5, diperoleh keuntungan optimal dalam satu bulan yang didapatkan oleh UMKM ini adalah Rp 16.825.030 dengan memproduksi produk dandang mie ayam sebanyak 2,86 unit dan kubah mesjid sebanyak 36,79 unit. Kebutuhan sumber daya yang dibutuhkan yaitu aluminium 150,02 ≈ 151 lembar, pekerja sebanyak 6 orang, proses produksi yaitu waktu pengukuran 2.236 menit, waktu pemotongan 4.437,66 ≈ 4.438 menit, waktu pengeboran 1.112,28 ≈ 1.113 menit, waktu rolling 2.589,5 ≈ 2.590 menit dengan target produksi 151,19 ≈ 152 unit.

### 3.1. Analisis Sensitivitas

Ft Maksimasi:

$$z = 85.000x_1 + 92.000x_2 + 95.000x_3 + 90.000x_4 + 25.000x_5 + 450.000x_6$$

$$BV = \{S_1, S_2, S_3, S_4, x_6, x_3\}; NBV = \{x_1, x_2, x_4, x_5, R_5, R_6\}$$

$$x_{BV} = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ x_6 \\ x_3 \end{bmatrix}; x_{NBV} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_4 \\ x_5 \\ R_5 \\ R_6 \end{bmatrix}$$

$$C_{BV}B^{-1} = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 450.000 \quad 95.000] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -15,03 & 0,12 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -30,13 & 0,55 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -7,52 & 0,11 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -17,57 & 0,31 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & -0,006 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0,006 & 0,02 \end{bmatrix}$$

$$= [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 111.930 \quad -800]$$

#### 3.1.1 Perubahan Koefisien Fungsi Tujuan pada Variabel Nonbasis

1. Variabel nonbasis  $x_1$  (dandang bakso). Koefisien fungsi tujuan  $x_1$  yaitu  $c_1 = 85.000$  perubahan  $c_1$  dari 85.000 menjadi  $(85.000 + \Delta)$ .

$$\hat{c}_1 = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 111.930 \quad -800] \begin{bmatrix} 10 \\ 8 \\ 6 \\ 5 \\ 1 \\ 40 \end{bmatrix} - (85.000 + \Delta) = -5.070 - \Delta$$

Keuntungan akan tetap optimal jika didapatkan nilai harga keuntungan sebesar Rp 79.930.

2. Variabel nonbasis  $x_2$  (dandang nasi). Koefisien fungsi tujuan  $x_2$  yaitu  $c_2 = 92.000$  perubahan  $c_2$  dari 92.000 menjadi  $(92.000 + \Delta)$ .

$$\hat{c}_2 = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 111.930 \quad -800] \begin{bmatrix} 10 \\ 8 \\ 7 \\ 5 \\ 1 \\ 40 \end{bmatrix} - (92.000 + \Delta) = -12.070 - \Delta$$

Keuntungan akan tetap optimal jika didapatkan nilai harga keuntungan sebesar Rp 79.930.

3. Variabel nonbasis  $x_4$  (dandang bandrek). Koefisien fungsi tujuan  $x_4$  yaitu  $c_4 = 90.000$  perubahan  $c_4$  dari 90.000 menjadi  $(90.000 + \Delta)$ .

$$\hat{c}_4 = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 111.930 \quad -800] \begin{bmatrix} 10 \\ 8 \\ 3 \\ 5 \\ 1 \\ 10 \end{bmatrix} - (90.000 + \Delta) = 13.930 - \Delta$$

Keuntungan akan tetap optimal jika didapatkan nilai harga keuntungan sebesar Rp 103.930.

4. Variabel nonbasis  $x_5$  (panggangan). Koefisien fungsi tujuan  $x_5$  yaitu  $c_5 = 25.000$  perubahan  $c_5$  dari 25.000 menjadi  $(25.000 + \Delta)$ .

$$\hat{c}_5 = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 111.930 \quad -800] \begin{bmatrix} 5 \\ 5 \\ 2 \\ 0 \\ \frac{1}{2} \\ 20 \end{bmatrix} - (25.000 + \Delta) = 14.965 - \Delta$$

Keuntungan akan tetap optimal jika didapatkan nilai harga keuntungan sebesar Rp 39.965.

### 3.1.2 Perubahan Koefisien Fungsi Tujuan pada Variabel Basis

#### 1. Perubahan $c_3$ (dandang mie ayam)

Keuntungan dandang mie ayam ( $c_3$ ) diubah dari 95.000 menjadi  $(95.000 + \Delta)$ . Jadi  $C_{BV}$  yang baru adalah  $[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 450.000 \ 95.000 + \Delta]$ , maka diperoleh:

$$C_{BV}B^{-1} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 450.000 \ 95.000 + \Delta] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -15,03 & 0,12 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -30,13 & 0,55 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -7,52 & 0,11 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -17,57 & 0,31 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & -0,006 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0,006 & 0,02 \end{bmatrix}$$

$$= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 111.930 - 0,006\Delta \ -800 + 0,02\Delta]$$

Koefisien basis 0 menjadi:

a.  $c_1 = C_{BV}B^{-1} a_1 - c_1 = -5.070 + 0,794\Delta$

b.  $c_2 = C_{BV}B^{-1} a_2 - c_2 = -12.070 + 0,794\Delta$

c.  $c_4 = C_{BV}B^{-1} a_4 - c_4 = 13.930 + 0,194\Delta$

d.  $c_5 = C_{BV}B^{-1} a_5 - c_5 = 14.965 + 0,394\Delta$

e.  $CR_5 = C_{BV}B^{-1} a_{R5} - CR_5 = 27.988,3$

f.  $CR_6 = C_{BV}B^{-1} a_{R6} - CR_6 = -686,58$

Maka kenaikan keuntungan yang akan tetap optimal di peroleh sebesar Rp 110.201,51.

#### 2. Perubahan $c_6$ (kubah mesjid)

Keuntungan kubah mesjid ( $c_6$ ) diubah dari 450.000 menjadi  $(450.000 + \Delta)$ . Jadi  $C_{BV}$  yang baru adalah  $[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 450.000 + \Delta \ 95.000]$  maka diperoleh:

$$C_{BV}B^{-1} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 450.000 + \Delta \ 95.000] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -15,03 & 0,12 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -30,13 & 0,55 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -7,52 & 0,11 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -17,57 & 0,31 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & -0,006 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0,006 & 0,02 \end{bmatrix}$$

$$= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 111.930 + 0,25\Delta \ -800 - 0,006\Delta]$$

Koefisien basis 0 menjadi:

a.  $c_1 = C_{BV}B^{-1} a_1 - c_1 = 5.070 + 0,01\Delta$

b.  $c_2 = C_{BV}B^{-1} a_2 - c_2 = -12.070 + 0,01\Delta$

c.  $c_4 = C_{BV}B^{-1} a_4 - c_4 = 13.930 + 0,19\Delta$

d.  $c_5 = C_{BV}B^{-1} a_5 - c_5 = 14.965 + 0,005\Delta$

e.  $CR_5 = C_{BV}B^{-1} a_{R5} - CR_5 = 27.988,3 + 0,06\Delta$

f.  $CR_6 = C_{BV}B^{-1} a_{R6} - CR_6 = -686,58$

Maka kenaikan keuntungan yang akan tetap optimal diperoleh sebesar Rp 1.657.000.

### 3.1.3 Perubahan pada Ruas Kanan Pembatas

#### 1. Waktu pengeboran

UMKM ini membutuhkan pengurangan pada waktu pengeboran dalam proses produksinya, karena proses pengeboran sudah menggunakan mesin bor, yang mana pekerja bisa gerak lebih cepat untuk meminimalisirkan waktu yang ada dan untuk mencapai target.  $b_3$  yaitu (waktu pengeboran) dari 14040 menjadi  $(14040 - \Delta)$ , maka perhitungan ruas kanan menjadi:

$$B^{-1}b = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -15,03 & 0,12 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -30,13 & 0,55 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -7,52 & 0,11 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -17,57 & 0,31 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & -0,006 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0,006 & 0,02 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 14.040 \\ 14.040 \\ 14.040 - \Delta \\ 14.040 \\ 150 \\ 151 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11.803,62 \\ 9.603,55 \\ 12.928,61 - \Delta \\ 11.451,31 \\ 36,59 \\ 2,12 \end{bmatrix}$$

Solusi basis akan tetap optimal jika  $\Delta \leq 12.928,61$ . Pengurangan waktu tidak perlu dilakukan karena waktu yang di peroleh menjadi 1.111,39 menit dari 14.040 menit per bulannya. Yang mana produksi produk akan berkurang menjadi lebih sedikit.

2. Ketersediaan bahan baku aluminium

UMKM ini membutuhkan penambahan pada ketersediaan bahan baku guna untuk meningkatkan target produksi karena juga tenaga kerja sangat mencukupi.  $b_5$  yaitu (bahan baku) dari 150 menjadi  $(150+\Delta)$ , maka perhitungan ruas kanan menjadi:

$$B^{-1}b = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -15,03 & 0,12 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -30,13 & 0,55 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -7,52 & 0,11 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -17,57 & 0,31 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & -0,006 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0,006 & 0,02 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 14.040 \\ 14.040 \\ 14.040 \\ 14.040 \\ 150 + \Delta \\ 151 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11.803,62 - 2.254,5\Delta \\ 9.603,55 - 4.519,5\Delta \\ 12.928,61 - 1.128\Delta \\ 11.451,31 - 2.635,5\Delta \\ 36,59 + 37,5\Delta \\ 2,12 - 0,9\Delta \end{bmatrix}$$

Solusi basis akan optimal, jika  $-0,97 \leq \Delta \leq 2,12$ . Didapatkan pengurangan bahan baku -0,97 lembar dan penambahan bahan baku 2,12 lembar, maka solusi basis akan tetap optimal pada ketersediaan bahan baku aluminium saat ini jika  $149,03 \leq \Delta \leq 152,12$  lembar.

3. Target produksi

UMKM ini membutuhkan penambahan pada target produksi, karena dengan bertambahnya target produksi maka keuntungan juga akan meningkat.  $b_6$  yaitu (target produksi) dari 151 menjadi  $(151+\Delta)$ , maka perhitungan ruas kanan menjadi:

$$B^{-1}b = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -15,03 & 0,12 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -30,13 & 0,55 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -7,52 & 0,11 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -17,57 & 0,31 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 & -0,006 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0,006 & 0,02 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 14.040 \\ 14.040 \\ 14.040 \\ 14.040 \\ 150 \\ 151 + \Delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11.803,62 + 18,12\Delta \\ 9.603,55 + 83,05\Delta \\ 12.928,61 + 16,61\Delta \\ 11.451,31 + 46,81\Delta \\ 36,59 - 0,9\Delta \\ 2,12 + 3,02\Delta \end{bmatrix}$$

Solusi basis akan optimal, jika  $-0,7 \leq \Delta \leq 40,66$ . Didapatkan pengurangan target produksi -0,7 unit dan penambahan target produksi 40,66 unit, maka solusi basis akan tetap optimal pada target produksi saat ini jika  $150,3 \leq \Delta \leq 191,66$  unit.

3.1.4 Perubahan Kolom Variabel Nonbasis

1. Perubahan kolom pada  $x_1$  (dandang bakso)

Pada kolom  $x_1$  (dandang bakso) waktu pengeboran diubah, yang awalnya 6 menit menjadi 4 menit.

$$a_1 = \begin{bmatrix} 10 \\ 8 \\ 6 \\ 5 \\ 1 \\ 40 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_1 = \begin{bmatrix} 10 \\ 8 \\ 4 \\ 5 \\ 1 \\ 40 \end{bmatrix}$$

Tidak perlu dilakukannya perubahan. Karena  $\hat{c}_1$  (dandang bakso)  $\leq 0$ , solusi basis saat ini tidak lagi optimal.

2. Perubahan kolom pada  $x_2$  (dandang nasi)

Pada kolom  $x_2$  (dandang nasi) waktu pengeboran diubah, yang awalnya 7 menit menjadi 5 menit.

$$a_2 = \begin{bmatrix} 10 \\ 8 \\ 7 \\ 5 \\ 1 \\ 40 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_2 = \begin{bmatrix} 10 \\ 8 \\ 5 \\ 5 \\ 1 \\ 40 \end{bmatrix}$$

Tidak perlu dilakukannya perubahan. Karena  $\hat{c}_2$  (dandang nasi)  $\leq 0$ , solusi basis saat ini tidak lagi optimal.

3. Perubahan kolom pada  $x_4$  (dandang bandrek)

Pada kolom  $x_4$  (dandang bandrek) waktu pengeboran diubah, yang awalnya 3 menit menjadi 2 menit.



$$a_4 = \begin{bmatrix} 10 \\ 8 \\ 3 \\ 5 \\ 1 \\ 40 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_4 = \begin{bmatrix} 10 \\ 8 \\ 2 \\ 5 \\ 1 \\ 40 \end{bmatrix}$$

Tidak perlu dilakukannya perubahan. Karena  $\hat{c}_4$  (dandang bandrek)  $\leq 0$ , solusi basis saat ini tidak lagi.

#### 4. Perubahan kolom pada $x_5$ (panggangan)

Pada kolom  $x_5$  (panggangan) target produksi diubah, yang awalnya 20 unit menjadi 30 unit

$$a_5 = \begin{bmatrix} 5 \\ 5 \\ 2 \\ 0 \\ 0,5 \\ 20 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_5 = \begin{bmatrix} 5 \\ 5 \\ 2 \\ 0 \\ 0,5 \\ 30 \end{bmatrix}$$

Diperoleh,  $\hat{c}_5 = C_{BV}B^{-1} a_5 - c_5 = 6.965$ . Karena  $\hat{c}_5$  (panggangan)  $\geq 0$ , solusi basis saat ini tetap optimal. Jadi solusi basis optimal pada keuntungan panggangan ini menjadi Rp 31.965.

### 3.1.5 Penambahan Suatu Variabel atau Aktivitas Baru

Variabel atau aktivitas baru yang ditambahkan yaitu produk yang ke-7, berupa gembor. Harga keuntungan dari produk ini yaitu Rp 10.000,00.

Ft Maksimasi:

$$z = 85.000x_1 + 92.000x_2 + 95.000x_3 + 90.000x_4 + 25.000x_5 + 450.000x_6 + 10.000x_7$$

Pembatas:

$$\begin{aligned} 10x_1 + 10x_2 + 10x_3 + 10x_4 + 5x_5 + 60x_6 + 8x_7 &\leq 14.040 \\ 8x_1 + 8x_2 + 8x_3 + 8x_4 + 5x_5 + 120x_6 + 8x_7 &\leq 14.040 \\ 6x_1 + 7x_2 + 3x_3 + 3x_4 + 2x_5 + 30x_6 + 3x_7 &\leq 14.040 \\ 5x_1 + 5x_2 + 5x_3 + 5x_4 + 70x_6 + 4x_7 &\leq 14.040 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \frac{1}{2}x_5 + 4x_6 + \frac{1}{2}x_7 &= 154 \\ 40x_1 + 40x_2 + 40x_3 + 10x_4 + 20x_5 + x_6 + 10x_7 &= 161 \\ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 &\geq 0 \end{aligned}$$

$$\hat{c}_7 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 111.930 \ -800] \begin{bmatrix} 8 \\ 8 \\ 3 \\ 4 \\ \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} \\ 10 \end{bmatrix} - 10.000 = 37.965$$

Karena  $\hat{c}_7$  (gembor)  $\geq 0$ , solusi basis saat ini tetap optimal, jadi tidak perlu membuat produk ke-7 karena akan menimbulkan biaya Rp 37.965,00 tanpa keuntungan.

### 3.1.6 Penambahan Suatu Pembatas Baru

Pembatas baru yang ditambahkan yaitu proses *finishing*.

1. Proses *finishing* pada produk dandang bakso : 7 menit
2. Proses *finishing* pada produk dandang nasi : 7 menit
3. Proses *finishing* pada produk dandang mie ayam : 7 menit
4. Proses *finishing* pada produk dandang bandrek : 7 menit
5. Proses *finishing* pada produk panggangan : 5 menit
6. Proses *finishing* pada produk kubah mesjid : 30 menit

Ft Maksimasi:

$$z = 85.000x_1 + 92.000x_2 + 95.000x_3 + 90.000x_4 + 25.000x_5 + 450.000x_6$$

Pembatas:

$$\begin{aligned} 10x_1 + 10x_2 + 10x_3 + 10x_4 + 5x_5 + 60x_6 &\leq 14.040 \\ 8x_1 + 8x_2 + 8x_3 + 8x_4 + 5x_5 + 120x_6 &\leq 14.040 \\ 6x_1 + 7x_2 + 3x_3 + 3x_4 + 2x_5 + 30x_6 &\leq 14.040 \\ 5x_1 + 5x_2 + 5x_3 + 5x_4 + 70x_6 &\leq 14.040 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \frac{1}{2}x_5 + 4x_6 &= 150 \\
 40x_1 + 40x_2 + 40x_3 + 10x_4 + 20x_5 + x_6 &= 151 \\
 7x_1 + 7x_2 + 7x_3 + 7x_4 + 5x_5 + 30x_6 &\leq 14.040 \\
 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 &\geq 0
 \end{aligned}$$

Gambar 4 menunjukkan *solution list* pembatas baru.

Variable	Status	Value
Dandang Bakso (X1)	NONBasic	0
Dandang Nasi (X2)	NONBasic	0
Dandang Mie Ayam (X3)	Basic	2,86
Dandang Bandrek (X4)	NONBasic	0
Panggangan (X5)	NONBasic	0
Kubah Masjid (X6)	Basic	36,79
slack 1	Basic	11804,28
slack 2	Basic	9602,82
slack 3	Basic	12927,85
slack 4	Basic	11450,69
artfcl 5	NONBasic	0
artfcl 6	NONBasic	0
slack 7	Basic	11804,28
Optimal Value (Z)		16825030

Gambar 4. *Solution List* Pembatas Baru

Dapat disimpulkan bahwa pembatas baru tidak perlu ditambahkan karena tidak mempengaruhi solusi optimal.

#### 4. Kesimpulan

Diperoleh keuntungan optimal adalah sebesar Rp 16.825.030 dengan memproduksi produk dandang mie ayam sebanyak 2,86 unit dan kubah sebanyak 36,79 unit. Adapun kebutuhan sumber daya yang tersedia yaitu dengan waktu pengukuran selama 2.236 menit, waktu pemotongan 4.437,66  $\approx$  4.438 menit, waktu pengeboran 1.112,28  $\approx$  1.113 menit, waktu *rolling* 2.589,5  $\approx$  2.590 menit, ketersediaan bahan baku 150,02  $\approx$  151 lembar dan target produksi 151,19  $\approx$  152 unit.

Analisis Sensitivitas (*Sensivity Analysis*) perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel nonbasis diperoleh hasil tetap optimal jika dandang bakso Rp 79.930, dandang nasi Rp 79.930, dandang bandrek Rp 103.930 dan panggangan Rp 39.965. Dan perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel basis diperoleh hasil tetap optimal jika didapatkan keuntungan optimal sebesar Rp 110.201,51 untuk dandang mie ayam dan Rp 1.657.000 untuk kubah masjid. Perubahan pada ruas kanan pembatas dilakukan pada pengurangan bahan baku yang berkisar antara 149 lembar sampai 153 lembar dan pengurangan target produksi berkisar antara 151 unit sampai 192 unit, sedangkan pengurangan pada waktu pengeboran tidak perlu dilakukan. Perubahan kolom variabel non basis akan tetap optimal jika dilakukan pada produk panggangan yaitu dengan keuntungan Rp 31.965, sedangkan untuk dandang bakso, dandang nasi dan dandang bandrek tidak perlu dilakukan.

Penambahan suatu variabel atau aktivitas baru yaitu pada produk ke-7 berupa gembor, tidak perlu untuk dibuat. Penambahan suatu pembatas baru yaitu dengan menambahkan proses *finishing* juga tidak mempengaruhi solusi optimal, jadi tidak perlu dilakukan.

#### 5. Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar peneliti mempertimbangkan untuk menambahkan metode yang lebih kompleks, seperti metode *Branch and Bound* atau *Cutting Plane*. Sehingga solusi yang dihasilkan berupa bilangan bulat atau integer.

## Referensi

- [1] Sundari, N., Febriyanti, P. S., Angelica, Lukmana, L., Apriyanti, B., Cristin, F. Z., et al. (2022). Optimalisasi Keuntungan Ayam Geprek Menggunakan Pemrograman Linear Metode Simpleks. *Jurnal Pustaka Aktiva*, 1-6.
- [2] Lina, T. N., Rumetna, M. S., Dimara, A., Sianturi, C., Metalmety, C. F., Lengkong, K., Et Al. (2020). Penerapan Metode Simpleks dalam Optimalisasi Keuntungan Hasil Produksi Lemon Cina dan Daun Jeruk Purut. *Jurnal Elektro Lucea*, 93-101.
- [3] Adtria, K. V., Kamid, & Rarasati, N. (2021). Analisis Sensitivitas dalam Optimaslisasi Produksi Makaroni Iko Menggunakan Linear Programming. *Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 174-182.
- [4] Hani, N., & Harahap, E. (2021). Optimasi Produksi T-Shirt Menggunakan Metode Simpleks. *Jurnal Matematika*, 27-32.
- [5] Rifa'i, M., Saputra, R., Ardyanti, N. D., Hartono, T. P., & Susanto, R. (2021). Penerapan Linear Programing Metode Simpleks dan POM-QM dalam Analisis Keuntungan Maksimal pada UMKM Risoles Bu Siti di Pasar Ledoksari Surakarta. *Seminar Nasional & Call For Paper*, 679-690.
- [6] Tamiza, Kustiawati, D., Fathinah, S. N., & Sulistiono, A. N. (2023). Penerapan Linear Programming Metode Simpleks Berbantuan POM-QM Dalam Optimalisasi Keuntungan Produksi MARTABAK. *Jurnal Ilmiah Multi Disiplin Indonesia*, 496-501.
- [7] Riniwati, H., & Harahab, N. (2018). *Optimasi Bidang Perikanan: Pendekatan Linier Programming, Transportasi dan Goal Programming*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- [8] Aningke, T., Hartama, D., Andani, S. R., Solikhun, & Hardinata, J. T. (2020). Linear Programming Metode Simpleks Dalam Optimalisasi Keuntungan Produksi Makanan Ringan. *Prosiding Seminar Nasiona; Riset Dan Information Science (SENARIS)*, 365-375.
- [9] Dimiyati, T. T., & Dimiyati, A. (2010). *Operasional Research Model-Model Pengambilan Keputusan*. Bandung: Sinar Baru Algesindo.
- [10] Nurmayanti, L., & Sudrajat, A. (2021). Implementasi *Linear Programming* Metode Simpleks pada Home Industry. *Jurnal Manajemen*, 431-438.
- [11] Safitri, E., Basriati, S., Soleh, M., & Yuhandi. (2021). Penyelesaian Program Linier Menggunakan Metode Simpleks Dua Fase Dan Metode Quick Simpleks Dua Fase. *Jurnal Matematika, Sains, Dan Pembelajarannya*, 57-71.
- [12] Alfariis, L., Gustian, D., Setyorini, R., Romli, I., Putri, A. Y., Herjuna, S. A., Et Al. (2022). *Riset Oprasi*. Bandung: Indie Press.