

Optimasi Peralatan Perkebunan dengan Menggunakan Teknik Dua Fase dan Analisis Sensitivitas

Vera Devani¹, Lintang Permata Hati*², Ahmat Saefudin³

^{1,2,3} Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Email: ¹veradevani@gmail.com, ²lintangl463@gmail.com, ³ahmatsaef004@gmail.com

Abstrak

UMKM ini memproduksi peralatan perkebunan yang berbahan dasar besi antara lain, dodos sawit, pisau panjang, parang dan lain-lain tanpa mempertimbangkan ketersediaan sumber daya yang tersedia terutama bahan baku. Dengan menggunakan metode Program Linear Teknik Dua Fase, UMKM dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya yang tersedia seperti bahan baku, waktu yang diperlukan untuk setiap proses, dan modal yang diperlukan. Dengan menggunakan metode ini UMKM dapat menentukan jenis dan jumlah peralatan perkebunan serta dapat mengoptimalkan modal yang digunakan. Analisis sensitivitas adalah metode yang digunakan untuk menentukan apakah solusi optimal yang dicapai dengan mengubah variabel basis dan nonbasis telah mencapai hasil yang paling optimal dengan menambahkan aktivitas dan kendala baru. Tujuan penelitian ialah untuk menentukan jumlah bahan baku yang diperlukan, waktu yang diperlukan untuk setiap proses, modal yang diperlukan, dan nilai sensitivitas, sehingga dapat dihasilkan produk yang optimal. Hasil penelitian ini, modal yang dikeluarkan untuk memproduksi peralatan perkebunan sebesar Rp1.600.000. Membutuhkan besi sebanyak 160 kg dan arang sebanyak 80 kg, dengan waktu penyepuhan 320 menit, waktu penghalusan 240 menit, waktu gerinda 160 menit, waktu pembakaran 320 menit. Dengan menggunakan Analisis Sensitivitas diperoleh bahwa perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel basis, akan tetap optimal jika tidak ada perubahan pada kapak dengan harga jual 20.000. Perubahan pada ruas kanan kendala akan selalu optimal jika, arang tetap 80 kg, waktu penyepuhan, waktu penghalusan, waktu gerinda, dan waktu pembakaran tetap 10.920 menit perbulan.

Kata kunci: Analisis Sensitivitas, Pemograman Linier, Teknik Dua Fase.

Abstract

These UMKM produce iron-based plantation equipment including palm dodos, long knives, machetes and others without considering the availability of available resources, especially raw materials. By using the Two-Phase Engineering Linear Program method, UMKM can optimize the use of available resources such as raw materials, the time required for each process, and the capital required. By using this method, UMKM can determine the type and amount of plantation equipment and can optimize the capital used. Sensitivity analysis is a method used to determine whether the optimal solution achieved by changing the base and non-base variables has achieved the most optimal results by adding new activities and constraints. The purpose of the research is to determine the amount of raw materials required, the time required for each process, the capital required, and the sensitivity value, so that the optimal product can be produced. The results of this study, the capital spent to produce plantation equipment amounted to Rp1,600,000. Requires 160 kg of iron and 80 kg of charcoal, with gilding time 320 minutes, smoothing time 240 minutes, grinding time 160 minutes, burning time 320 minutes. By using Sensitivity Analysis, it is obtained that the change in the objective function coefficient for the base variable, will remain optimal if there is no change in the axe with a selling price of 20,000. Changes in the right segment of the constraint will always be optimal if, charcoal remains 80 kg, gilding time, smoothing time, grinding time, and burning time remains 10,920 minutes per month.

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

1. Pendahuluan

UMKM (Usaha Mikro Kecil Menengah) yang beroperasi di lingkungan masyarakat lokal telah memberikan kontribusi yang signifikan, dengan menghasilkan berbagai produk bermanfaat yang membantu individu dalam kehidupan sehari-hari. UMKM ini seringkali memanfaatkan sumber daya yang tersedia, seperti besi dan arang yang mudah didapatkan.

Cara yang tepat untuk memaksimalkan keuntungan bagi usaha kecil Seblak Gaul BPK. Pitra menggunakan *Linear Programming* dengan Metode Simpleks. Tujuannya adalah untuk mengoptimalkan keuntungan dengan menentukan jumlah produk pangan yang ideal untuk

diproduksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi mie seblak dan telur seblak yang optimal adalah 3 porsi sehingga menghasilkan keuntungan maksimal sebesar Rp 750.000,00 dengan menggunakan 5 variabel dan 2 kendala [1].

Penelitian berikutnya dilakukan pada Industri Rumahan tentang Linear Programming Metode Simplek. Keuntungan maksimum dicapai dengan menerapkan perhitungan yang menunjukkan jumlah produksi ideal yang dapat diproduksi. Misalnya, periode bulanan sebesar 124.061.100 dari seluruh hasil penjualan menghasilkan keuntungan maksimum sebesar 4.135.370 [2].

Penelitian lain yang berfokus pada optimalisasi dengan menggunakan metode simpleks pada produksi tahu. Diperoleh hasil keuntungan yang maksimal sebesar Rp 148.000 sehari. Dengan memproduksi tahu putih sebanyak 3.64 kali dan tahu takwa sebanyak 1.82 kali [3].

Penelitian ini meliputi optimalisasi keuntungan produk yang dihasilkan pada bisnis *bakery*, dengan variabel keputusan berupa jumlah roti, variabel fungsi tujuan adalah harga, biaya dan keuntungan per roti, dan variabel fungsi kendala adalah jumlah per produksi dari setiap roti. Hasil perhitungan dengan menggunakan *Linear Programming* diperoleh peramalan optimal laba sebesar Rp 425.000 [4].

Penelitian ini meliputi tingkat keuntungan optimal PT. Semen Tonasa meningkat sebesar Rp. 13.945.642.163, atau naik sekitar 8,218%, dengan produksi Semen Portland Tipe I sebanyak 4.429 ton, Semen Portland Komposit sebanyak 891.157 ton, dan Semen Portland Pozzolan tidak diproduksi. Hasil perhitungan dengan metode linear programming metode simpleks menunjukkan bahwa tingkat keuntungan optimal sebesar Rp. 183.638.900.955 [5].

Penelitian selanjutnya berfokus kepada *Linear Programming* menggunakan pendekatan Metode Simpleks untuk menemukan keuntungan optimal pada produksi tahu, dengan menggunakan 6 variabel dan 2 kendala, didapat hasil keuntungan Rp 26.400.000 per hari, tahu putih 120 kali dan tahu kuning 120 kali [6].

Penelitian yang lain dengan optimasi jumlah produksi pada UMKM jus buah dengan menerapkan Metode Simpleks. Hasil nya penjualan jus alpukat dapat ditingkatkan 5 gelas atau lebih dengan keuntungan awal sebelum menerapkan metode ialah Rp 80.000. dan keuntungan optimal akhir setelah menerapkan Metode Simpleks ialah Rp 125.000. Dengan keuntungan Rp 45.000 [7].

Pada penelitian ini digunakan Metode Simpleks untuk mengetahui nilai optimal UMKM es dingin, yang mencapai keuntungan maksimal sebanyak Rp 66.000. Untuk mendapatkan keuntungan yang maksimal, penjual harus memproduksi es krim doger 15 cup, es krim jagung 25 cup, es krim cincau 25 cup, dan 4 jenis es krim yang harus dibuat setiap hari agar menghasilkan keuntungan yang lebih maksimal [8].

Pada penelitian yang lain yang bergerak pada produk *localfood* diselesaikan menggunakan metode *Linear Programming* dan menemukan solusi dalam periode 1 bulan melakukan proses produksi sebanyak 2 kali dengan hasil produksi berjumlah 150 pcs untuk bawang goreng dengan harga Rp 30.000/pcs, 250 pcs untuk keripik tempe dengan harga Rp 14.000/pcs, dan 300 pcs untuk pisang sale dengan harga Rp 14.000/pcs yang sudah dikurangi dengan biaya produksi selama 1 bulan dan ditemukan bahwa kombinasi optimal dari variabel-variabel produksi sofie *localfood* di kota Palu dapat meningkatkan keuntungan dan daya saing produk tersebut [9].

Dalam penelitian yang lain bergerak di bidang Mie dan mendapatkan hasil solusi optimal untuk proses produksi mie basah sebanyak 374,103 kg dan kulit pangsit sebanyak 23,821 kg, meminimalkan waktu pengerjaan produk menjadi 139.196,121 menit/tahun, meminimalkan harga jual yakni sebesar Rp 22.000,00., memaksimalkan keuntungan setiap harinya sebesar Rp 4.823.143,786., serta meminimalkan jam lembur sebesar 0 menit per tahun (tanpa perlu tambahan jam lembur) [10].

Penelitian dilaksanakan di UMKM yang memproduksi berbagai macam alat perkebunan dodos sawit, pisau panjang, parang, rajak, kapak, tojok, dan sabit. UMKM ini memproduksi peralatan perkebunan yang berbahan dasar besi tanpa mempertimbangkan ketersediaan sumber daya yang tersedia terutama bahan baku. Dengan menggunakan metode Program Linear Teknik Dua Fase, UMKM dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya yang tersedia seperti bahan baku, waktu yang diperlukan untuk setiap proses, dan modal yang diperlukan. Dengan menggunakan metode ini UMKM dapat menentukan jenis dan jumlah peralatan perkebunan serta dapat mengoptimalkan modal yang digunakan.

Bahan baku dan sumber daya yang ada selama proses produksi menjadi faktor penting dalam menentukan jumlah produk yang harus diproduksi. Hal ini karena bahan baku dan sumber daya memiliki keterbatasan. UMKM ini membutuhkan solusi untuk menyesuaikan sumber daya yang ada, maka dilakukan lah suatu metode yaitu metode *Linear Programming* dan Analisis Sensitivitas.

Linear Programming merupakan suatu metode untuk mengoptimalkan sumber daya yang tersedia di UMKM. Sedangkan Analisis Sensitivitas digunakan untuk melihat pengaruh solusi optimal yang telah dicapai. Antara lain, perubahan koefisien fungsi tujuan basis dan nonbasis, perubahan pada ruas kanan suatu kendala, perubahan kolom untuk variabel non basis, penambahan variabel aktivitas baru dan kendala baru. Tujuan pada penelitian ini ialah untuk menentukan jumlah bahan baku yang diperlukan, waktu yang diperlukan untuk setiap proses, modal yang diperlukan, dan nilai sensitivitas, sehingga dapat dihasilkan produk yang optimal.

Linear Programming (LP) adalah suatu metode optimisasi yang paling umum digunakan. *Linear Programming* merupakan fungsi linear terhadap beberapa kendala linear yang berfungsi untuk mengoptimalkan variabel terikat dari variabel bebas. Metode *Linear Programming* memungkinkan optimisasi suatu masalah dengan fungsi tujuan dan kendala bersifat linier.

Linear Programming dapat direpresentasikan ke dalam bentuk matematis pada set maksimum dan minimum, masing-masing dengan perbedaan tanda batasannya. Untuk set maksimum, pertidaksamaan \leq , (kurang dari), dan untuk set minimal, bentuk: maksimumkan $z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$. Pertidaksamaan \geq (lebih dari) berdasarkan kendala [11]:

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_2$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \dots \dots \dots x_n \geq 0$$

$$\text{Maksimumkan } z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_2$$

Metode Simpleks adalah proses iteratif yang beralih dari satu solusi ke solusi berikutnya sampai nilai fungsi tujuan meningkat atau menurun. Iterasi dilakukan berulang kali sampai solusi ideal ditemukan, yang menghasilkan nilai maksimum atau minimum [11], [12].

Metode Dua Fase adalah pendekatan untuk variabel semu. Masalah *Linear Programming* diselesaikan dalam dua fase. Fase 1 menguji apakah suatu solusi dapat diidentifikasi dengan meminimalkan variabel semu menjadi nol. Setelah Fase 1 menghasilkan solusi yang *visible*, dilanjut perhitungan pada Fase 2 yang melibatkan Metode Simpleks untuk mengembalikan koefisien fungsi tujuan [13].

Analisis Sensitivitas ialah proses yang digunakan untuk melihat apakah solusi optimal yang dicapai sudah mencapai optimal dengan melakukan perubahan-perubahan terhadap variabel basis dan nonbasis. Serta, menambahkan aktivitas dan kendala baru.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini memerlukan data berupa, modal per produk, kebutuhan bahan baku, dan ketersediaan bahan baku. Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Menentukan variabel

Variabel yang digunakan pada penelitian ini ialah:

x_1 = dodos sawit

x_2 = pisau panjang

x_3 = parang

x_4 = rajak

x_5 = kapak

x_6 = tojok

2. Menentukan fungsi tujuan

Tujuan dari penelitian ini untuk meminimasi modal produksi, dengan model matematika:

Ft minimasi:

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

3. Menentukan kendala

Kendala yang digunakan pada penelitian ini ialah bahan baku (besi dan arang), waktu produksi (waktu penyepuhan, waktu penghalusan, waktu gerinda, dan waktu pembakaran) selama 1 bulan produksi.

4. Menggunakan metode *Linear Programming* untuk fase 1 dengan fungsi tujuan minimasi.

5. Menggunakan metode *Linear Programming* untuk fase 2 dengan fungsi tujuan minimasi.
6. Menentukan solusi optimum menggunakan metode Teknik Dua Fase dengan bantuan *software POM-QM for windows 4*.
7. Melakukan Analisis Sensitivitas
 - a. Analisis perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel nonbasis,
 - b. Analisis perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel basis,
 - c. Analisis perubahan pada ruas kanan suatu kendala,
 - d. Analisis perubahan kolom untuk suatu variabel non basis,
 - e. Analisis penambahan suatu variabel atau aktivitas baru, dengan menambahkan produk sabit sebagai aktivitas ketujuh.
 - f. Analisis penambahan suatu kendala baru, yaitu menambahkan waktu proses *finishing* pada setiap produk.

3. Hasil dan Analisa

Model matematika untuk mengoptimalkan produksi peralatan perkebunan sebagai berikut:

Ft Minimasi:

$$z = 28.000x_1 + 18.000x_2 + 28.000x_3 + 23.000x_4 + 20.000x_5 + 28.000x_6$$

Kendala :

$$\begin{aligned} x_1 + 4x_2 + 2x_3 + 2x_4 + 4x_5 + x_6 &\leq 10.920 \\ 2x_1 + 4x_2 + 4x_3 + 2x_4 + 3x_5 + 2x_6 &\leq 10.920 \\ 2x_1 + 3x_2 + 3x_3 + 3x_4 + 2x_5 + 2x_6 &\leq 10.920 \\ 5x_1 + 4x_2 + 6x_3 + 6x_4 + 4x_5 + 4x_6 &\leq 10.920 \\ x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 + 2x_5 + \frac{3}{4}x_6 &\geq 24 \\ \frac{3}{10}x_1 + \frac{2}{10}x_2 + x_3 + \frac{2}{10}x_4 + x_5 + \frac{3}{10}x_6 &\geq 80 \\ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 &\geq 0 \end{aligned}$$

Bentuk Kanonik:

$$z = 28.000x_1 + 18.000x_2 + 28.000x_3 + 23.000x_4 + 20.000x_5 + 28.000x_6 + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3 + 0S_4 + S_5 + S_6 + MR_5 + MR_6$$

Kendala:

$$\begin{aligned} x_1 + 4x_2 + 2x_3 + 2x_4 + 4x_5 + x_6 + S_1 &= 10.920 \\ 2x_1 + 4x_2 + 4x_3 + 2x_4 + 3x_5 + 2x_6 + S_2 &= 10.920 \\ 2x_1 + 3x_2 + 3x_3 + 3x_4 + 2x_5 + 2x_6 + S_3 &= 10.920 \\ 5x_1 + 4x_2 + 6x_3 + 6x_4 + 4x_5 + 4x_6 + S_4 &= 10.920 \\ x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 + 2x_5 + \frac{3}{4}x_6 - S_5 + R_5 &= 24 \\ \frac{3}{10}x_1 + \frac{2}{10}x_2 + x_3 + \frac{2}{10}x_4 + x_5 + \frac{3}{10}x_6 - S_6 + R_6 &= 80 \end{aligned}$$

Persamaan di atas diperoleh:

$$\begin{aligned} R_5 &= 24 - x_1 - x_2 - 2x_3 - x_4 - 2x_5 - \frac{3}{4}x_6 + S_5 \\ R_6 &= 80 - \frac{3}{10}x_1 - \frac{2}{10}x_2 - x_3 - \frac{2}{10}x_4 - x_5 - \frac{3}{10}x_6 + S_6 \end{aligned}$$

Fase 1

Ft Minimasi:

$$\begin{aligned} r &= R_5 + R_6 \\ r + \frac{13}{10}x_1 + \frac{6}{5}x_2 + 3x_3 + \frac{6}{5}x_4 + 3x_5 + \frac{21}{20}x_6 - S_5 - S_6 &= 104 \end{aligned}$$

kendala:

$$\begin{aligned} x_1 + 4x_2 + 2x_3 + 2x_4 + 4x_5 + x_6 + S_1 &= 10.920 \\ 2x_1 + 4x_2 + 4x_3 + 2x_4 + 3x_5 + 2x_6 + S_2 &= 10.920 \\ 2x_1 + 3x_2 + 3x_3 + 3x_4 + 2x_5 + 2x_6 + S_3 &= 10.920 \\ 5x_1 + 4x_2 + 6x_3 + 6x_4 + 4x_5 + 4x_6 + S_4 &= 10.920 \\ x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 + 2x_5 + \frac{3}{4}x_6 - S_5 + R_5 &= 24 \end{aligned}$$

$$\frac{3}{10}x_1 + \frac{2}{10}x_2 + x_3 + \frac{2}{10}x_4 + x_5 - \frac{3}{10}x_6 - S_6 + R_6 = 80$$

Gambar 1 menunjukkan iterasi optimum fase 1.

Cj	Basis Variables	28000 Dokter (S1)	18000 Fisika (S2)	18000 Farmasi (S3)	20000 Kegak (S4)	20000 Kegak (S5)	20000 Tjaja (S6)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Quantity
0	slack 1	0.4	0.5	0	1.5	2	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33.333
0	slack 2	0.8	0.2	0	1.2	2	0.8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10.000
0	slack 3	1.1	2.4	0	2.4	2	1.1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10.000
0	slack 4	2.2	2.8	0	0.8	2	2.2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	10.400
0	Paralel	0.2	0.2	1	0.2	1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	80
0	range 5	-0.4	-0.5	0	-0.5	0	-0.5	0	0	0	0	-1	1	1	0	0	7.68
	z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0
	z-j	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0	0	0

Gambar 1 Iterasi Fase 1

Jika basis bernilai 0 atau -1 seperti yang ditunjukkan pada baris Cj-Zj di atas, sehingga dapat dilanjutkan ke fase kedua.

Fase 2

Ft Minimasi:

$$z = 28.000x_1 + 18.000x_2 + 28.000(80 - \frac{3}{10}x_1 - \frac{1}{5}x_2 + x_3 - \frac{1}{5}x_4 - x_5 - \frac{3}{10}x_6 + S_6) + 23.000x_4 + 20.000x_5 + 28.000x_6$$

$$z - 19.600x_1 - 12.400x_2 - 28.000x_3 - 17.400x_4 + 8.000x_5 - 28.000x_6 - 28.000S_6 = 2.240.000$$

Kendala:

$$\frac{3}{10}x_1 + \frac{1}{5}x_2 + x_3 + \frac{1}{5}x_4 + x_5 + \frac{3}{10}x_6 - S_6 = 80$$

$$\frac{2}{5}x_1 + \frac{18}{5}x_2 - \frac{8}{5}x_4 - 2x_5 + \frac{2}{5}x_6 + S_1 + 2S_6 = 10.760$$

$$\frac{4}{5}x_1 + \frac{16}{5}x_2 + \frac{6}{5}x_4 - x_5 + \frac{4}{5}x_6 + S_2 + 4S_6 = 10.600$$

$$\frac{11}{10}x_1 + \frac{12}{5}x_2 + \frac{12}{5}x_4 - x_5 - \frac{11}{10}x_6 + S_3 + 3S_6 = 10.680$$

$$-\frac{16}{5}x_1 + \frac{14}{5}x_2 + \frac{24}{5}x_4 - 2x_5 + \frac{11}{5}x_6 + S_4 + 6S_6 = 10.440$$

$$-\frac{2}{5}x_1 - \frac{3}{5}x_2 - \frac{3}{5}x_4 - \frac{3}{20}x_6 + S_5 - 2S_6 = 136$$

Gambar 2 menunjukkan iterasi optimum fase 2

Cj	Basis Variables	28000 Dokter (S1)	18000 Fisika (S2)	18000 Farmasi (S3)	20000 Kegak (S4)	20000 Kegak (S5)	20000 Tjaja (S6)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Quantity
0	slack 1	-0.2	0.2	-0	1.2	0	-0.2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10.600
0	slack 2	1.1	2.4	1	2.4	0	1.1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10.680
0	slack 3	1.8	2.6	1	2.6	0	1.8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	10.760
0	slack 4	1.8	2.2	2	2.2	0	1.8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	10.600
20000	Kegak	0.2	0.2	1	0.2	1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	80
0	range 5	-0.4	-0.5	0	-0.5	0	-0.5	0	0	0	0	0	-1	1	2	0	7.68
	z	19600	12400	28000	17400	20000	19600	0	0	0	0	0	0	0	-28000	28000	1400000
	z-j	-21960000		-8000		0		0	0	0	0	0	0	0	20000	-20000	

Gambar 2 Iterasi Fase 2

Gambar 3 menunjukkan *Solution List* dari Teknik Dua Fase

Variable	Status	Value
Dodos Sawit (X1)	NONBasic	0
Pisau (X2)	NONBasic	0
Parang (X3)	NONBasic	0
Rajak (X4)	NONBasic	0
Kapak (X5)	Basic	80
Toyak (X6)	NONBasic	0
slack 1	Basic	10600
slack 2	Basic	10690
slack 3	Basic	10760
slack 4	Basic	10600
surplus 5	Basic	138
surplus 6	NONBasic	0
Optimal Value (Z)		1600000

Gambar 3 *Solution List* Teknik Dua Fase

Maka, modal yang diperlukan untuk memproduksi peralatan perkebunan sebesar Rp. 1.600.000, dengan memproduksi 80 unit kapak, dengan kebutuhan besi sebanyak 160 kg, kebutuhan arang sebanyak 80 kg, waktu penyepuhan 320 menit, waktu penghalusan 240 menit, waktu gerinda 160 menit, dan waktu pembakaran 320 menit.

3.1. Analisis Sensitivitas

Ft Minimasi:

$$z = 28.000x_1 + 18.000x_2 + 28.000x_3 + 23.000x_4 + 20.000x_5 + 28.000x_6$$

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2, dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$BV = [S_1, S_2, S_3, S_4, X_5, S_5]$$

$$NBV = [X_1, X_2, X_3, X_4, X_6, S_6]$$

$$X_{BV} = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ X_5 \\ S_5 \end{bmatrix} \quad X_{NBV} = [X_1, X_2, X_3, X_4, X_6, S_6]$$

$$C_{BV}B^{-1} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 20.000 \ 0] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -2 \end{bmatrix} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 20.000]$$

3.1.1. Analisis Perubahan Koefisien Fungsi Tujuan Variabel Nonbasis

1. Perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel non basis x_1 (dodos sawit).

Untuk x_1 , koefisien fungsi tujuan adalah 28.000 menjadi $(28.000 - \Delta)$.

$$\hat{c}_1 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 20.000] \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 2 \\ 5 \\ 1 \\ 0,3 \end{bmatrix} - (28.000 - \Delta) = -22.000 + \Delta$$

Dodos sawit tidak akan optimum jika koefisien $\Delta \geq -6.000$. Karena modal awalnya sudah optimal 28.000. Sehingga, tidak diperlukan perubahan pada koefisien fungsi tujuan nonbasis.

2. Perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel x_2 (pisau panjang).

Untuk x_2 , koefisien fungsi tujuan adalah 18.000 menjadi $(18.000 - \Delta)$.

$$\hat{c}_2 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 20.000] \begin{bmatrix} 4 \\ 4 \\ 3 \\ 4 \\ 1 \\ 0,2 \end{bmatrix} - (18.000 - \Delta) = -14.000 + \Delta$$

Pisau panjang tidak akan optimum jika koefisien $\Delta \geq -4.000$. Karena modal awalnya sudah optimal 18.000. Sehingga, tidak diperlukan perubahan pada koefisien fungsi tujuan nonbasis.

3. Perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel x_3 (parang).
 Untuk x_3 , koefisien fungsi tujuan adalah 28.000 menjadi $(28.000 - \Delta)$.

$$\hat{c}_3 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 20.000] \begin{bmatrix} 2 \\ 4 \\ 3 \\ 6 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} - (28.000 - \Delta) = -8.000 + \Delta$$

Parang tidak akan optimum jika koefisien $\Delta \geq -20.000$. Karena modal awalnya sudah optimal 28.000. Sehingga, tidak diperlukan perubahan pada koefisien fungsi tujuan nonbasis.

4. Perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel x_4 (rajak).
 Untuk x_4 , koefisien fungsi tujuan adalah 23.000 menjadi $(23.000 - \Delta)$.

$$\hat{c}_4 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 20.000] \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 3 \\ 6 \\ 2 \\ 0,2 \end{bmatrix} - (23.000 - \Delta) = -19.000 + \Delta$$

Rajak tidak akan optimum jika koefisien $\Delta \geq -4.000$. Karena modal awalnya sudah optimal 23.000. Sehingga, tidak diperlukan perubahan pada koefisien fungsi tujuan nonbasis.

5. Perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel x_6 (tojok).
 Untuk x_6 , koefisien fungsi tujuan adalah 28.000 menjadi $(28.000 - \Delta)$.

$$\hat{c}_6 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 20.000] \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 2 \\ 4 \\ 0,75 \\ 0,3 \end{bmatrix} - (28.000 - \Delta) = -22.000 + \Delta$$

Tojok tidak akan optimum jika koefisien $\Delta \geq -6.000$. Karena modal awalnya sudah optimal 28.000. Sehingga, tidak diperlukan perubahan pada koefisien fungsi tujuan nonbasis.

3.1.2. Analisis Perubahan Koefisien Fungsi Tujuan untuk Variabel Basis

1. Perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel x_5 (kapak).
 Modal x_5 (kapak) adalah 20.000 berubah menjadi $(20.000 - \Delta)$. Jadi, C_{BV} baru adalah $[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 20.000 - \Delta \ 0]$. Sehingga,

$$C_{BV} B^{-1} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 20.000 - \Delta \ 0] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -2 \end{bmatrix} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 20.000 - \Delta]$$

Koefisien baris 0 menjadi:

- $C_1 = C_{BV} B^{-1} a_1 - c_1 = -22.000 - 0,3\Delta \geq 0$ atau $\Delta \leq 73.333,3$
- $C_2 = C_{BV} B^{-1} a_2 - c_2 = -14.000 - 0,2\Delta \geq 0$ atau $\Delta \leq 70.000$
- $C_3 = C_{BV} B^{-1} a_3 - c_3 = -8.000 - \Delta \geq 0$ atau $\Delta \leq 8.000$
- $C_4 = C_{BV} B^{-1} a_4 - c_4 = -19.000 - 0,2\Delta$ atau $\Delta \leq 95.000$
- $C_6 = C_{BV} B^{-1} a_6 - c_6 = -22.000 - 0,3\Delta$ atau $\Delta \leq 73.333,3$

- f. $C_5 = C_{BV} B^{-1} a_5 - C_5 = 20.000 - \Delta$ atau $\Delta \leq -20.000$
 Dari perhitungan di atas, tidak ada nilai Δ . Dengan demikian, model sebelumnya sudah optimal

3.1.3. Analisis Perubahan pada Ruas Kanan suatu Kendala

1. Waktu penyepuhan

Dalam produksi peralatan perkebunan, memerlukan pengurangan waktu untuk penyepuhan agar lebih mengefisienkan waktu dalam bekerja. waktu penyepuhan (b_1) dari 10920 menjadi $(10920 - \Delta)$. Jadi, perhitungan ruas kanan sebagai berikut:

$$B^{-1}.b_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 10.920 - \Delta \\ 10.920 \\ 10.920 \\ 10.920 \\ 24 \\ 80 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11.240 - \Delta \\ 11.160 \\ 11.080 \\ 11.240 \\ -80 \\ -136 \end{bmatrix}$$

Maka, solusi basis akan tetap optimal jika: $11.240 - \Delta \geq 0$ atau $\Delta \leq 11.240$. Jadi, perubahan waktu penyepuhan tidak perlu dilakukan karena sudah optimal.

2. Waktu penghalusan

Dalam produksi peralatan perkebunan, memerlukan pengurangan waktu untuk penghalusan agar lebih mengefisienkan waktu dalam bekerja. waktu penghalusan (b_2) dari 10920 menjadi $(10920 - \Delta)$. Jadi, perhitungan ruas kanan sebagai berikut:

$$B^{-1}.b_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 10.920 \\ 10.920 - \Delta \\ 10.920 \\ 10.920 \\ 24 \\ 80 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11.240 \\ 11.160 - \Delta \\ 11.080 \\ 11.240 \\ -80 \\ -136 \end{bmatrix}$$

Maka, solusi basis akan tetap optimal jika: $11.160 - \Delta \geq 0$ atau $\Delta \leq 11.160$. Jadi, perubahan waktu penghalusan tidak perlu dilakukan karena sudah optimal.

3. Waktu gerinda

Dalam produksi peralatan perkebunan, memerlukan pengurangan waktu untuk gerinda agar lebih mengefisienkan waktu dalam bekerja. waktu gerinda (b_3) dari 10920 menjadi $(10920 - \Delta)$. Jadi, perhitungan ruas kanan sebagai berikut:

$$B^{-1}.b_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 10.920 \\ 10.920 \\ 10.920 - \Delta \\ 10.920 \\ 24 \\ 80 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11.240 \\ 11.160 \\ 11.080 - \Delta \\ 11.240 \\ -80 \\ -136 \end{bmatrix}$$

Maka, solusi basis akan tetap optimal jika: $11.080 - \Delta \geq 0$ atau $\Delta \leq 11.080$. Jadi, perubahan waktu gerinda tidak perlu dilakukan karena sudah optimal.

4. Waktu pembakaran

Dalam produksi peralatan perkebunan, memerlukan pengurangan waktu untuk agar lebih mengefisienkan waktu dalam bekerja. waktu pembakaran (b_4) dari 10920 menjadi $(10920 - \Delta)$. Jadi, perhitungan ruas kanan sebagai berikut:

$$B^{-1}.b_4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 10.920 \\ 10.920 \\ 10.920 \\ 10.920 - \Delta \\ 24 \\ 80 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11.240 \\ 11.160 \\ 11.080 \\ 11.240 - \Delta \\ -80 \\ -136 \end{bmatrix}$$

Maka, solusi basis akan tetap optimal jika: $11.240 - \Delta \geq 0$ atau $\Delta \leq 11.240$. Jadi, perubahan waktu pembakaran tidak perlu dilakukan karena sudah optimal.

5. Penggunaan besi

Dalam produksi pembuatan produk peralatan perkebunan, memerlukan penambahan penggunaan besi agar ketersediaan bertambah. penggunaan besi (b_5) dari 24 menjadi $(24 - \Delta)$. Jadi, perhitungan ruas kanan sebagai berikut:

$$B^{-1}.b_5 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 10.920 \\ 10.920 \\ 10.920 \\ 10.920 \\ 24 + \Delta \\ 80 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11.240 \\ 11.160 \\ 11.080 \\ 11.240 \\ -80 \\ -136 - \Delta \end{bmatrix}$$

Maka, solusi basis akan tetap optimal jika: $-136 - \Delta > 0$ atau $\Delta < 136$. Jadi, penambahan besi tidak perlu dilakukan karena sudah optimal.

6. Penggunaan arang

Dalam produksi pembuatan produk peralatan perkebunan, memerlukan penambahan penggunaan arang agar dapat memberikan jumlah produk yang meningkat. penggunaan arang (b_6) dari 80 menjadi $(80 - \Delta)$, maka perhitungan ruas kanan yaitu:

$$B^{-1}.b_6 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 10.920 \\ 10.920 \\ 10.920 \\ 10.920 \\ 24 \\ 80 - \Delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11.240 - 4\Delta \\ 11.160 - 3\Delta \\ 11.080 - 2\Delta \\ 11.240 - 4\Delta \\ -80 - \Delta \\ -136 + 2\Delta \end{bmatrix}$$

Maka, solusi basis saat ini akan tetap optimal jika:

$$11.240 - 4\Delta \geq 0 \text{ atau } \Delta \leq 2.810$$

$$11.160 - 3\Delta \geq 0 \text{ atau } \Delta \leq 3.720$$

$$11.080 - 2\Delta \geq 0 \text{ atau } \Delta \leq 5.540$$

$$11.240 - 4\Delta \geq 0 \text{ atau } \Delta \leq 2.810$$

$$-80 + \Delta > 0 \text{ atau } \Delta > 80$$

$$-136 + 2\Delta > 0 \text{ atau } \Delta > 68$$

Maka, penggunaan arang 80kg dalam 1 bulan sudah optimal tanpa pengurangan.

3.1.4. Analisis Perubahan Kolom untuk suatu Variabel Nonbasis

1. Perubahan kolom x_1 (dodos sawit)

Perubahan pada waktu pembakaran 5 menit menjadi 3 menit bertujuan untuk mengefisiensi waktu selama masa kerja.

$$a_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 2 \\ 5 \\ 1 \\ 0,3 \end{bmatrix} \text{ berubah menjadi } a_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 2 \\ 3 \\ 1 \\ 0,3 \end{bmatrix}$$

Maka, $\hat{c}_1 = C_{BV} B^{-1}.a_1 - c_1 = -22.000$. Maka, dodos sawit (x_1) bisa melakukan pengurangan waktu. Maka, modal akan tetap optimal jika modal minimal yang dikeluarkan adalah Rp 6.000 atau besar dari Rp 6.000.

2. Perubahan kolom x_2 (pisau panjang)

Perubahan pada waktu pembakaran 4 menit menjadi 3 menit bertujuan untuk mengefisiensi waktu selama masa kerja.

$$a_2 = \begin{bmatrix} 4 \\ 4 \\ 3 \\ 4 \\ 1 \\ 0,2 \end{bmatrix} \text{ berubah menjadi } a_2 = \begin{bmatrix} 4 \\ 4 \\ 3 \\ 3 \\ 1 \\ 0,2 \end{bmatrix}$$

Maka, $\hat{c}_2 = C_{BV} B^{-1}.a_2 - c_2 = -14.000$. Karena pisau panjang (x_2) bisa dilakukan pengurangan waktu. Maka, modal akan tetap optimal jika modal minimal yang dikeluarkan adalah Rp 4.000 atau besar dari Rp 4.000.

3. Perubahan kolom x_3 (parang)

Perubahan pada waktu pembakaran 6 menit menjadi 4 menit bertujuan untuk mengefisiensi waktu selama masa kerja.

$$a_3 = \begin{bmatrix} 2 \\ 4 \\ 3 \\ 6 \\ 2 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ berubah menjadi } a_3 = \begin{bmatrix} 2 \\ 4 \\ 3 \\ 4 \\ 2 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Maka, $\hat{c}_3 = C_{BV} B^{-1} \cdot a_3 - c_3 = -8.000$. Karena parang (x_3) bisa dilakukan pengurangan waktu. Maka, modal akan tetap optimal jika modal minimal yang dikeluarkan adalah Rp 20.000 atau besar dari Rp 20.000.

4. Perubahan kolom x_4 (rajak)

Perubahan pada waktu pembakaran 2 menit menjadi 1 menit bertujuan untuk mengefisiensi waktu selama masa kerja.

$$a_4 = \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \\ 0,2 \end{bmatrix} \text{ berubah menjadi } a_4 = \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 3 \\ 1 \\ 1 \\ 0,2 \end{bmatrix}$$

Maka, $\hat{c}_4 = C_{BV} B^{-1} \cdot a_4 - c_4 = -19.000$. Karena rajak (x_4) bisa dilakukan pengurangan waktu. Maka, modal akan tetap optimal jika modal minimal yang dikeluarkan adalah Rp 4.000 atau besar dari Rp 4.000.

5. Perubahan kolom x_6 (tojok)

Perubahan pada waktu pembakaran 4 menit menjadi 3 menit bertujuan untuk mengefisiensi waktu selama masa kerja.

$$a_6 = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 2 \\ 4 \\ 0,75 \\ 0,3 \end{bmatrix} \text{ berubah menjadi } a_6 = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 2 \\ 3 \\ 0,75 \\ 0,3 \end{bmatrix}$$

Maka, $C_6 = C_{BV} B^{-1} a_6 - c_6 = -22.000$. Karena tojok (x_6) bisa melakukan pengurangan waktu. Maka, modal akan tetap optimal jika modal minimal yang dikeluarkan adalah Rp 6.000 atau besar dari Rp 6.000.

3.1.5. Analisis Penambahan suatu Variabel atau Aktivitas Baru

Penambahan suatu aktivitas baru yaitu menambah produk ketujuh yaitu (sabiti) dengan harga jual Rp 20.000.

Ft Minimasi:

$$z = 28.000x_1 + 18.000x_2 + 28.000x_3 + 23.000x_4 + 20.000x_5 + 28.000x_6 + 20.000x_7$$

Kendala:

$$x_1 + 4x_2 + 2x_3 + 2x_4 + 4x_5 + x_6 + 2x_7 \leq 10920$$

$$2x_1 + 4x_2 + 4x_3 + 2x_4 + 3x_5 + 2x_6 + 3x_7 \leq 10920$$

$$2x_1 + 3x_2 + 3x_3 + 3x_4 + 2x_5 + 2x_6 + 3x_7 \leq 10920$$

$$5x_1 + 4x_2 + 6x_3 + 6x_4 + 4x_5 + 4x_6 + 4x_7 \leq 10920$$

$$x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 + 2x_5 + \frac{3}{4}x_6 + x_7 \geq 24$$

$$\frac{3}{10}x_1 + \frac{2}{10}x_2 + x_3 + \frac{2}{10}x_4 + x_5 + \frac{3}{10}x_6 + \frac{2}{10}x_7 \geq 80$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7 \geq 0$$

$$C_7 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 20.000] \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 3 \\ 4 \\ 1 \\ 0,2 \end{bmatrix} - 20.000 = -16.000$$

Karena, sabiti yaitu $C_7 < 0$ maka solusi basis saat ini tidak optimal karena, dengan pembuatan produk sabiti akan menambah modal Rp 16.000. Sehingga produk ke-7 yaitu sabiti tidak perlu diproduksi.

3.1.6. Analisis Penambahan suatu Kendala Baru

Penambahan kendala baru yaitu waktu *finishing* pada setiap produk yang dibuat.

Ft Minimasi:

$$z = 28.000x_1 + 18.000x_2 + 28.000x_3 + 23.000x_4 + 20.000x_5 + 28.000x_6$$

Kendala:

$$x_1 + 4x_2 + 2x_3 + 2x_4 + 4x_5 + x_6 \leq 10.920$$

$$2x_1 + 4x_2 + 4x_3 + 2x_4 + 3x_5 + 2x_6 \leq 10.920$$

$$2x_1 + 3x_2 + 3x_3 + 3x_4 + 2x_5 + 2x_6 \leq 10.920$$

$$5x_1 + 4x_2 + 6x_3 + 6x_4 + 4x_5 + 4x_6 \leq 10.920$$

$$x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 + 2x_5 + \frac{3}{4}x_6 \geq 24$$

$$\frac{3}{10}x_1 + \frac{2}{10}x_2 + x_3 + \frac{2}{10}x_4 + x_5 + \frac{3}{10}x_6 \geq 80$$

$$2x_1 + 3x_2 + 3x_3 + 4x_4 + x_5 + 2x_6 \leq 10.920$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 \geq 0$$

Gambar 4 *solution list* setelah dilakukan penambahan kendala baru

Variable	Status	Value
Dodos Sawit (X1)	NONBasic	0
Pisan (X2)	NONBasic	0
Parang (X3)	NONBasic	0
Rajak (X4)	NONBasic	0
Kapak (X5)	Basic	80
Tojok (X6)	NONBasic	0
slack 1	Basic	10600
slack 2	Basic	10680
slack 3	Basic	10760
slack 4	Basic	10600
surplus 5	Basic	136
surplus 6	NONBasic	0
slack 7	Basic	10840
Optimal Value (Z)		1600000

Gambar 4 *Solution List* Penambahan Kendala Baru

Jadi, solusi yang ada tidak berubah, sehingga tidak perlu menambah kendala baru.

4. Kesimpulan

Modal yang diperlukan untuk memproduksi peralatan perkebunan sebesar Rp. 1.600.000, dengan memproduksi 80 unit kapak, dengan kebutuhan besi sebanyak 160 kg, kebutuhan arang sebanyak 80 kg, waktu penyepuhan 320 menit, dengan waktu penghalusan 240 menit, waktu gerinda 160 menit, dan waktu pembakaran 320 menit.

Berdasarkan analisis perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel nonbasis, produk yang ada di UMKM tersebut sudah optimal. Sehingga, tidak diperlukan perubahan pada koefisiennya. Hasil analisis perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel basis, akan tetap optimal jika tidak ada perubahan pada kapak dengan harga jual 20.000.

Perubahan pada ruas kanan kendala akan selalu optimal jika, arang tetap 80 kg, waktu penyepuhan, waktu penghalusan, waktu gerinda, dan waktu pembakaran tetap 10.920 menit perbulan. Tidak adanya perubahan kolom untuk suatu variabel nonbasis, karena solusi yang ada sudah optimal. Tidak perlu menambahkan suatu variabel atau aktivitas baru, karena akan mengeluarkan modal sebesar Rp 16.000, dan penambahan kendala baru tidak perlu ditambahkan karena tidak mengubah solusi awal.

Referensi

- [1] Aini, S., Fikri, A.J., Sukandar, R.S. Optimalisasi Keuntungan Produksi Makanan Menggunakan Pemrograman Linier Melalui Metode Simpleks. 2021; 1.(1): 1-16.
- [2] Nurmayanti L, Sudrajat A. Implementasi Linear Programming Metode Simpleks pada Home Industry. J Manaj. 2021;13(3):431–8
- [3] Susanti, V. Optimalisasi Produksi Tahu Menggunakan Program Linear Metode Simpleks. 2021; 9.(2): 399-406
- [4] Hidayah, A.A., Harahap, E., Badruzzaman, F.H. Optimasi Keuntungan Bisnis Bakery Menggunakan Program Linear Metode Simpleks. 2022; 21.(1): 77-83.
- [5] Latief, F., Dirwan, D., Suriyanti, S., & Ramlawati, R. Analisis Perencanaan Produksi Dengan Metode Linear Programming Guna Memaksimalkan Keuntungan. Economics and Digital Business Review. 2023; 4(1):383–397.
- [6] Clacier, R., Fitriani, R., Wahyudin. Optimalisasi Keuntungan Menggunakan Program Linier dengan Metode Simpleks dan POM-QM pada Produksi Tahu. 2023; 8.(2): 5162-5169.
- [7] Agustina, R., Nainggolan, S.R., Panggabean, S. Meningkatkan UMKM Jus Buah Bu Ida dengan Mengoptimalkan Penjualan Menggunakan Metode Simpleks dalam *Linear Programming*. 2024; 3.(1): 52-68.
- [8] Panggabean, S., Hutahaeon, Y., Sitanggang, V.S. Implementasi *Linear Programming* Metode Simpleks dalam mencari keuntungan maksimum pada UMKM Es Dingin. 2024; 3.(1):1-13
- [9] Rahman, F., Asngadi., Syamsuddin., Anisah. Analisis Optimalisasi Produk Pada Sofie Localfood Di Kota Palu. 2024; 2.(1):64-70.
- [10] Diadi, A.R., Astuti, Y.P. Optimisasi Biaya Produksi UMKM Mie Wahyu Sepanjang Sidoarjo Menggunakan *Goal Programming*. 2024;12.(2):244-254
- [11] Alfari, L., Gustian, D., Setyorini, R., et al. Riset Operasi. Bandung: Indie Press. 2022.
- [12] Nahda, A., Granita. Penerapan Integer *Linear Programming* Dan Analisis Sensitivitas Pada Optimalisasi Produk Usaha Kuse Puetu Aasli M*R. 2024; 12.(1): 181-187.
- [13] D. Yudhanegara, Riset Operasi Manajemen Transportasi, Malang: Ahlimedia Press, 2021, 37-38.