

Minimasi Biaya Produksi *Handicraft* Eceng Gondok dengan Menggunakan Teknik Dua Fase dan Analisis Sensitivitas

Vera Devani¹, Audy Amaraditha Andra^{*2}

^{1,2}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, ²audyamaradithaa@gmail.com

Abstrak

UMKM (Usaha Mandiri Kecil Menengah) ini bergerak di bidang usaha produksi *handicraft* berbahan dasar eceng gondok seperti *placemate*, vas bunga, tempat tisu, nampan, dan *storage*. Metode yang digunakan adalah Teknik Dua Fase beserta Analisis Sensitivitas dengan memperhatikan sumber daya proses produksi. Teknik Dua Fase adalah metode untuk melakukan pendekatan terhadap variabel semu. Penelitian bertujuan untuk menentukan jenis produk yang dibuat, kebutuhan bahan baku, waktu yang diperlukan tiap proses, target produk, tenaga kerja, dan biaya yang diperlukan serta menentukan nilai sensitivitas terhadap solusi optimum yang dicapai. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh biaya per minggu yang dikeluarkan untuk membuat produk *handicraft* Rp50.000. Membutuhkan eceng gondok sebanyak 5 meter dengan waktu yang dibutuhkan untuk proses pemotongan 15 menit, proses perakitan 100 menit, dan proses penganyaman 20 menit. Target produksi 60 unit dan tenaga kerja yang dibutuhkan 5 orang. UMKM (Usaha Mandiri Kecil Menengah) ini perlu memproduksi jenis produk baru yaitu pot gantung karena akan menambah keuntungan produksi sebesar Rp85.000.

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

Abstract

MSME (Micro Small Medium Enterprises) are engaged in the business of producing handicrafts made from water hyacinth such as placemates, flower vases, tissue holders, trays, and storage. The method used is the Two-Phase Technique along with Sensitivity Analysis by taking into account the resources of the production process. The Two-Phase Technique is a method for approaching quasi variables. The research aims to determine the type of product made, the need for raw materials, the time required of each process, product targets, labor, and costs required and determine the sensitivity value to the optimum solution achieved. Based on the results of the study, it was found that the cost per week spent to make handicraft products was Rp. 50,000. Requires 5 meters of water hyacinth with the time required for the cutting process of 15 minutes, the assembly process of 100 minutes, and the weaving process of 20 minutes. The production target is 60 units and the required workforce is 5 people. MSME (Micro Small Medium Enterprises) need to produce a new type of product, namely hanging pots because it will increase production profits by Rp. 85,000.

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

1. Pendahuluan

Perkembangan sektor industri di Indonesia saat ini berkembang pesat dan telah banyak berbagai UMKM (Usaha Mandiri Kecil Menengah) yang memproduksi hasil usahanya dengan memanfaatkan jenis bahan dari alam seperti salah satunya eceng gondok. Eceng gondok merupakan tumbuhan liar dan banyak ditemukan sehingga muncul ide-ide baru untuk membuat suatu usaha dengan bahan yang jarang digunakan tetapi dapat dengan mudah ditemukan. Sebagai salah satu sektor industri, produksi *handicraft* perlu memperhatikan sistem manajemen dalam proses produksinya.

Penelitian dilakukan di UMKM (Usaha Mandiri Kecil Menengah) yang memproduksi berbagai macam *handicraft* dengan berbahan dasar eceng gondok yaitu *placemate*, vas bunga, tempat tisu, nampan, dan *storage*. Untuk mengoptimalkan sumber daya yang tersedia, UMKM (Usaha Mandiri Kecil Menengah) ini perlu menerapkan suatu metode *Linear Programming*. *Linear Programming* merupakan metode untuk mengoptimalkan sumber daya yang tersedia dengan memperhatikan pembatas yang ada.

Penelitian yang menerapkan *Linear Programming* sudah banyak dilakukan. Penelitian ini membahas terkait pemaksimalan keuntungan harian pada industri rumahan berdasarkan banyaknya produksi unit yang dimodelkan dengan *Linear Programming* tiga variabel untuk menentukan banyaknya unit yang harus diproduksi setiap jenis produk untuk memperoleh keuntungan maksimal serta menentukan efisiensi dalam memanfaatkan sumber daya biaya dan waktu. Berdasarkan penggunaan metode simpleks, perusahaan perlu memproduksi 74 unit Kripik Pisang dan 161 unit Kripik Singkong untuk memperoleh keuntungan maksimal yaitu Rp285.387, per hari dan dalam kondisi optimal terjadi efisiensi sebesar Rp38.387, dan waktu produksi yang dibutuhkan yaitu 825 menit [1].

Penelitian terkait dengan optimasi jumlah produksi roti dengan *Linear Programming* dan *software* POM-QM berdasarkan banyaknya bahan yang diperlukan untuk setiap produksi unit produk yang dimodelkan dengan *Linear Programming* tiga variabel serta diselesaikan dengan metode simpleks dan *software* POM-QM untuk menentukan jumlah produksi serta memaksimalkan keuntungan. Dengan penggunaan *Linear Programming* dan *software* POM-QM perusahaan mendapatkan keuntungan Rp200.000.000, per produksi roti setiap bulan [2].

Penelitian lainnya mengenai optimasi pendapatan pembuatan spanduk dan baliho berdasarkan bahan yang digunakan untuk spanduk serta kapasitas yang tersedia yang dimodelkan dengan *Linear Programming* dua variabel serta diselesaikan menggunakan metode simpleks untuk menentukan perolehan pendapatan maksimum sebesar Rp15.000.000, setiap bulannya [3].

Penelitian lainnya terkait optimasi laba berdasarkan bahan baku, mesin yang digunakan, dan jam kerja dengan metode simpleks pada *home industry Bintang Bakery* untuk untuk memaksimalkan keuntungan. Berdasarkan perhitungan dengan metode *Linear Programming* simpleks dan menggunakan bantuan *software* Lindo tingkat keuntungan optimal yang diperoleh adalah Rp19.750.000 untuk memproduksi 3740 potong roti rasa, 1300 roti gulung kemasan dan 520 roti kemasan sehingga industri *Bintang Bakery* mengalami kenaikan laba sebesar Rp250.000 [4].

Penelitian selanjutnya terkait pengaplikasian *Linear Programming* di lokasi konstruksi berdasarkan produksi cat eksterior dan interior harian yang dimodelkan dalam *Linear Programming* dua variabel menggunakan metode simpleks untuk menentukan waktu dan biaya proyek yang rendah. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk menentukan jenis produk yang dibuat, kebutuhan bahan baku, waktu yang diperlukan untuk masing-masing proses, target produk, tenaga kerja, dan biaya yang dibutuhkan serta menentukan nilai sensitivitas untuk mencapai solusi optimum [5].

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk menentukan jenis produk yang dibuat, kebutuhan bahan baku, waktu yang diperlukan untuk masing-masing proses, target produk, tenaga kerja, dan biaya yang dibutuhkan serta menentukan nilai sensitivitas untuk mencapai solusi optimum.

Eceng gondok adalah tumbuhan air dengan nama ilmiah *Eichornia Crassipes*, biasa dikenal dengan tumbuhan pengganggu perairan. Tingkat pertumbuhan dan daya tahan hidup yang tinggi menjadikan eceng gondok sulit untuk diberantas [6].

Linear Programming adalah metode matematis yang digunakan untuk mengalokasikan sumber daya agar tercapainya tujuan memaksimalkan keuntungan atau meminimumkan biaya. Beberapa syarat *Linear Programming* adalah harus adanya tujuan permasalahan yang jelas, fungsi tujuan berupa dampak positif yang ingin dimaksimalkan atau dampak negatif yang ingin diminimumkan. Selain tujuan permasalahan, syarat lainnya adalah harus adanya alternatif perbandingan yang akan diperbandingkan, analisis sumber daya berada dalam keadaan terbatas, fungsi tujuan dan pembatas dirumuskan secara matematis, dan keterikatan perubah yang membentuk fungsi tujuan dan fungsi pembatas memiliki hubungan fungsional [7].

Linear Programming terdiri dari tiga elemen yaitu [8]:

1. Variabel Keputusan
Variabel keputusan pada awalnya tidak diketahui nilainya, nilai akan ditentukan pada hasil akhir pemecahan. Parameter merupakan variabel yang dikendalikan oleh sistem.
2. Pembatas
Pembatas merupakan batasan dari sistem. Pembatas sistem digunakan agar nilai akhir dari variabel keputusan menjadi fisible.

3. Fungsi tujuan

Fungsi tujuan merupakan ukuran *untuk* mencapai sasaran sistem, di mana fungsi tujuan menjadi fungsi matematis dari variabel keputusan.

Linear Programming terdiri dari dua cara, yaitu meminimumkan biaya untuk memperoleh keuntungan yang besar atau dikenal dengan “minimasi (minimize)” dan memaksimalkan total keuntungan pada pembatas sumber daya terbatas atau dikenal dengan “maksimisasi (maximize)”. Model *Linear Programming* adalah sebagai berikut [9]:

1. Fungsi Tujuan

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n \quad (1)$$

2. Himpunan Constraint

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1 \quad (2)$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2 \quad (3)$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m \quad (4)$$

$$X_1, X_2, \dots, X_n \geq 0 \quad (5)$$

Keterangan:

$C_1X_1+C_2X_2+\dots+C_nX_n$: Fungsi tujuan atau fungsi kriteria yang akan dimaksimasi, dinyatakan dengan Z

C_1, C_2, \dots, C_n : Koefisien ongkos yang diketahui

X_1, X_2, \dots, X_n : Variabel keputusan atau level aktivitas yang harus dicari

$a_{ij}, i = 1, 2, \dots, m$: Pembatas ke i

$j = 1, 2, \dots, n$: Koefisien teknologi

b_i : Koefisien ruas kanan

$X_1, X_2, \dots, X_n \geq 0$: Pembatas non-negatif

3. Non-negatif variabel, misalnya $1 \geq 0 \geq 2 \geq 0$ Masalahnya biasanya dinyatakan dalam matriks bentuk, dan kemudian menjadi: $\max \{ | \leq \wedge \geq 0 \}$.

Teknik Dua Fase adalah suatu metode yang digunakan untuk melakukan pendekatan terhadap variabel semu. Persoalan *Linear Programming* dipecahkan dengan dua tahapan. Pada tahap pertama atau Fase 1 dilakukan pengujian untuk mencari apakah suatu solusi visibel atau tidak dengan cara meminimumkan variabel semu menjadi bernilai nol. Pada tahap kedua atau Fase 2 dilakukan setelah mendapatkan solusi fisibel dari Fase 1, tahap ini berisi pengolahan metode simpleks dengan koefisien fungsi tujuan kembali ke semula [10].

Analisis sensitivitas adalah suatu uji yang diperlukan untuk mengetahui hasil yang didapat dari kriteria penilaian agar kita dapat mengetahui kriteria paling kritis terhadap perubahan ranking alternatif. Analisis sensitivitas menjadi langkah penting untuk menghasilkan solusi yang optimal dari suatu penentuan keputusan, Analisis sensitivitas bertujuan untuk memperoleh perhitungan kestabilan hasil solusi optimal jika terjadi perubahan terhadap parameter penilaian untuk pengambilan keputusan [11].

Analisis sensitivitas diperlukan agar dapat mengetahui parameter yang berpengaruh terhadap model. Hasil analisisnya dapat juga digunakan untuk estimasi parameter, interpretasi model, dan penentuan solusi lain apabila parameternya berubah [12].

2. Metode Penelitian

Data yang diperlukan untuk penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primer meliputi proses serta waktu proses produksi. Data sekunder yaitu profil perusahaan, target produksi, kebutuhan bahan baku, ongkos, persediaan maksimum bahan baku, persediaan maksimum waktu produksi, kebutuhan tenaga kerja, dan persediaan maksimum tenaga kerja. Berikut tahapan yang dilakukan pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menentukan variabel

Variabel yang digunakan adalah sebagai berikut:

$X_1 = \text{Placemate}$

$X_2 = \text{Vas bunga}$

$X_3 = \text{Tempat tisu}$

$X_4 = \text{Nampan}$

$X_5 = \text{Storage}$

2. Menentukan fungsi tujuan
 Fungsi tujuan penelitian ini adalah minimasi ongkos dan diperoleh fungsi sebagai berikut:
 Ft minimasi:

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + C_4X_4 + C_5X_5$$

3. Menentukan pembatas
 Pembatas yang digunakan pada penelitian ini yaitu bahan baku (eceng gondok). waktu produksi (proses pemotongan, proses perakitan, dan proses penganyaman), target produksi, dan tenaga kerja yang diperlukan dalam waktu 1 minggu.
4. Membuat model matematika *Linear Programming* Fase 1 dengan fungsi tujuan minimasi
5. Membuat model matematika *Linear Programming* Fase 2 dengan fungsi tujuan minimasi
6. Menentukan solusi optimum *Linear Programming* Teknik 2 Fase dengan menggunakan *software QM for Windows 5*
7. Melakukan analisis sensitivitas
 - a. Analisis terhadap perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel nonbasis
 - b. Analisis terhadap perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel basis
 - c. Analisis terhadap perubahan pada ruas kanan pembatas
 - d. Analisis terhadap perubahan kolom variabel nonbasis
 - e. Analisis terhadap penambahan suatu aktivitas baru
 - f. Analisis terhadap penambahan pembatas baru

3. Hasil dan Analisa

Model *Linear Programming* untuk mengoptimalkan handicraft eceng gondok adalah sebagai berikut.

Ft Minimasi:

$$Z = 10000X_1 + 10000X_2 + 20000X_3 + 30000X_4 + 50000X_5$$

Bentuk Kanonik:

Ft Minimasi:

$$Z = 10000X_1 + 10000X_2 + 20000X_3 + 30000X_4 + 50000X_5 + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3 + 0S_4 + 0S_5 + MR_4 + MR_5$$

Pembatas:

$$\begin{aligned} X_1 + X_2 + 3X_3 + 6X_4 + 8X_5 + S_1 &= 240 \\ 3X_1 + 3X_2 + 5X_3 + 7X_4 + 10X_5 + S_2 &= 2520 \\ 20X_1 + 15X_2 + 40X_3 + 30X_4 + 45X_5 + S_3 &= 2520 \\ 4X_1 + 3X_2 + 10X_3 + 18X_4 + 20X_5 + S_4 &= 2520 \\ 12X_1 + 12X_2 + 6X_3 + 6X_4 + 2X_5 - S_5 + R_5 &= 50 \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + R_6 &= 5 \\ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, R_5, R_6 &\geq 0 \end{aligned}$$

Dari persamaan di atas diperoleh:
 $R_5 = 50 - 12X_1 - 12X_2 - 6X_3 - 6X_4 - 2X_5 + S_5$
 $R_6 = 5 - X_1 - X_2 - X_3 - X_4 - X_5$

Fase 1

Ft Minimasi:

$$\begin{aligned} r &= R_5 + R_6 \\ r + 13X_1 + 13X_2 + 7X_3 + 7X_4 + 3X_5 - S_5 &= 55 \end{aligned}$$

Pembatas:

$$\begin{aligned} X_1 + X_2 + 3X_3 + 6X_4 + 8X_5 + S_1 &= 240 \\ 3X_1 + 3X_2 + 5X_3 + 7X_4 + 10X_5 + S_2 &= 2520 \\ 20X_1 + 15X_2 + 40X_3 + 30X_4 + 45X_5 + S_3 &= 2520 \\ 4X_1 + 3X_2 + 10X_3 + 18X_4 + 20X_5 + S_4 &= 2520 \\ 12X_1 + 12X_2 + 6X_3 + 6X_4 + 2X_5 - S_5 + R_5 &= 50 \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + R_6 &= 5 \\ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, R_5, R_6 &\geq 0 \end{aligned}$$

Gambar 1 menunjukkan tahapan iterasi 1 untuk fase 1.

Cj	Basic Variables	Quantity	10000 Placemate (X1)	10000 Vas Bunga (X2)	20000 Tempat Tisu (X3)	30000 Nampan (X4)	50000 Storage (X5)	0 slack 1	0 slack 2	0 slack 3	0 slack 4	0 artifical 5	0 surplus 5	0 artifical 6	
Iteration 3															
0	slack 1	228	0	0	-2.2	0.8	0	1	0	0	0	0	0.7	-0.7	-9.4
0	slack 2	2,498	0	0	-2.2	-0.2	0	0	1	0	0	0	0.7	-0.7	-11.4
0	slack 3	2,395	0	-5	5.0	-5.0	0	0	0	1	0	0	2.5	-2.5	-50.0
0	slack 4	2,484	0	-1	-3.6	4.4	0	0	0	0	1	0	1.6	-1.6	-23.2
0	Placem...	4	1	1	0.4	0.4	0	0	0	0	0	0	-0.1	-0.1	-0.2
0	Storage...	1.0	0	0	0.6	0.6	1	0	0	0	0	0	-0.1	0.1	1.2
	zj	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
	cj-zj		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.0	0	-1.0

Gambar 1. Iterasi Fase 1

Berdasarkan gambar 1 pada baris cj-zj, basis bernilai 0 atau -1 maka dapat dilanjutkan ke Fase 2.

Fase 2

Ft Minimasi:

$$Z = -14000X_3 - 4000X_4 - 4000S_5 + 90000$$

Pembatas:

$$-2,2X_3 + 0,8X_4 + S_1 - 0,7S_5 = 228$$

$$-2,2X_3 - 0,2X_4 + S_2 - 0,7S_5 = 2498$$

$$-5X_2 + 5X_3 - 5X_4 + S_3 - 2,5S_5 = 2395$$

$$-X_2 - 3,6X_3 + 4,4X_4 + S_4 - 1,6S_5 = 2484$$

$$X_1 + X_2 + 0,4X_3 + 0,4X_4 - 0,1S_5 = 4$$

$$0,6X_3 + 0,6X_4 + X_5 + 0,1S_5 = 1$$

Gambar 2 menunjukkan tahapan iterasi 1 untuk fase 2.

Cj	Basic Variables	Quantity	10000 Placemate (X1)	10000 Vas Bunga (X2)	20000 Tempat Tisu (X3)	30000 Nampan (X4)	50000 Storage (X5)	0 slack 1	0 slack 2	0 slack 3	0 slack 4	0 artifical 5	0 surplus 5	0 artifical 6
Iteration 6														
0	slack 1	235	0	0	2	5	7	1	0	0	0	0	0	-1
0	slack 2	2,505	0	0	2.0	4.0	7	0	1	0	0	0	0	-3.0
0	slack 3	2,420	0	-5	20	10	25.0	0	0	1	0	0	0	-20
0	slack 4	2,500	0	-1	6	14	16	0	0	0	1	0	0	-4
10000	Placem...	5	1	1	1	1	1.0	0	0	0	0	0	0	1
0	surplus 5	10.0	0	0	6	6	10.0	0	0	0	0	-1	1	12
	zj	50,000	10000	10000	30000	50000	90000	0	0	0	0	0	0	-10000
	cj-zj		0	0	-10,00...	-20,000	-40,00...	0	0	0	0	0	0	10,000.0

Gambar 2. Iterasi Fase 2

Biaya per minggu yang dikeluarkan untuk membuat produk *handicraft* Rp50.000. Kebutuhan sumber daya dalam 1 minggu adalah kebutuhan eceng gondok 5 meter. Waktu proses pemotongan 15 menit, waktu proses perakitan 100 menit, waktu proses penganyaman 20 menit, target produksi 60 unit, dan tenaga kerja 5 orang.
 = 60 unit/minggu

3.1 Analisis Sensitivitas

Ft Minimasi:

$$Z = 10000X_1 + 10000X_2 + 20000X_3 + 30000X_4 + 50000X_5$$

Berdasarkan gambar 2 dapat didefinisikan beberapa hal sebagai berikut:

$$BV = \{S_1, S_2, S_3, S_4, X_1, S_5\} \quad NBV = \{X_2, X_3, X_4, X_5\}$$

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

$$B^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -20 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & -4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 12 \end{bmatrix}$$

$$C_{BV}B^{-1} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 10000 \ 0] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -20 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & -4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 12 \end{bmatrix} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 10000]$$

3.2 Analisis Terhadap Perubahan Koefisien Fungsi Tujuan Variabel Nonbasis

1. Perubahan koefisien fungsi tujuan variabel non basis X_2 (Vas Bunga).
 Koefisien dari fungsi tujuan untuk X_2 adalah $c_2 = 10.000$ perubahan c_2 dari 10.000 menjadi $(10.000 + \Delta)$.

$$\hat{C}_2 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 10000] \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ 15 \\ 3 \\ 12 \\ 1 \end{bmatrix} - (10.000 + \Delta) = -\Delta$$

Agar $\hat{C}_2 \geq 0$ dan BV tetap optimal, maka $\Delta \leq 0$. Biaya vas bunga akan tetap optimal sebesar Rp10.000.

2. Perubahan koefisien fungsi tujuan variabel non basis X_3 (Tempat Tisu).
 Koefisien dari fungsi tujuan untuk X_3 adalah $c_3 = 20.000$ perubahan c_3 dari 20.000 menjadi $(20.000 + \Delta)$.

$$\hat{C}_3 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 10000] \begin{bmatrix} 3 \\ 5 \\ 40 \\ 10 \\ 6 \\ 1 \end{bmatrix} - (20.000 + \Delta) = -10.000 - \Delta$$

Agar $\hat{C}_3 \geq 0$ dan BV tetap optimal, maka $\Delta \leq -10.000$. Biaya tempat tisu akan tetap optimal sebesar Rp10.000.

3. Perubahan koefisien fungsi tujuan variabel non basis X_4 (Nampan).
 Koefisien dari fungsi tujuan untuk X_4 adalah $c_4 = 30.000$ perubahan c_4 dari 30.000 menjadi $(30.000 + \Delta)$.

$$\hat{C}_4 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 10000] \begin{bmatrix} 6 \\ 7 \\ 30 \\ 18 \\ 6 \\ 1 \end{bmatrix} - (30.000 + \Delta) = -20.000 - \Delta$$

Agar $\hat{C}_4 \geq 0$ dan BV tetap optimal, maka $\Delta \leq 20.000$. Biaya nampan akan tetap optimal sebesar Rp10.000.

4. Perubahan koefisien fungsi tujuan variabel non basis X_5 (*Storage*).
 Koefisien dari fungsi tujuan untuk X_5 adalah $c_5 = 50.000$ perubahan c_5 dari 50.000 menjadi $(50.000 + \Delta)$.]

$$\hat{C}_5 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 10000] \begin{bmatrix} 8 \\ 10 \\ 45 \\ 20 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} - (50.000 + \Delta) = -40.000 - \Delta$$

Agar $\hat{C}_5 \geq 0$ dan BV tetap optimal, maka $\Delta \leq -40000$. Biaya *storage* akan tetap optimal sebesar Rp10.000.

3.3 Analisis Terhadap Perubahan Koefisien Fungsi Tujuan Variabel Basis

Koefisien fungsi tujuan variabel basis dilakukan perubahan dengan mengubah C_{BV} . Oleh karena itu, beberapa koefisien pada baris 0 dari tabel optimal akan berubah. Keuntungan *Placemate* (C_1) berubah dari 10.000 menjadi $(10.000 + \Delta)$ maka C_{BV} yang baru adalah $[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 10000 + \Delta \ 0]$ sehingga:

$$C_{BV}B^{-1} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 10000 + \Delta \ 0] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -20 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & -4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 12 \end{bmatrix} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 10000 + \Delta]$$

Koefisien baris 0 menjadi:

1. $\hat{C}_1 = C_{BV} B^{-1} a_2 - C_2 = \Delta$
2. $\hat{C}_3 = C_{BV} B^{-1} a_3 - C_3 = -10000 + \Delta$
3. $\hat{C}_4 = C_{BV} B^{-1} a_4 - C_4 = -20000 + \Delta$
4. $\hat{C}_5 = C_{BV} B^{-1} a_5 - C_5 = -40000 + \Delta$

Agar \hat{C}_1 tetap optimal, maka $\Delta \leq 40000$. Solusi akan tetap optimal jika ongkos *placemate* tidak lebih dari Rp50.000.

3.4 Analisis Terhadap Perubahan pada Ruas Kanan Pembatas

Dalam proses pembuatan perabot rumah tangga yang terbuat dari eceng gondok ini, perusahaan membutuhkan penambahan tenaga kerja agar produk yang dihasilkan lebih bagus dan lebih baik. b_6 yaitu (Tenaga Kerja) dari 5 menjadi $(5 + \Delta)$, maka perhitungan ruas kanan menjadi:

$$B^{-1}b = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -20 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & -4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 12 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 240 \\ 2520 \\ 2520 \\ 2520 \\ 50 \\ 5 + \Delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 235 \\ 2505 \\ 2420 \\ 2420 - \Delta \\ 5 \\ 10 + \Delta \end{bmatrix}$$

Solusi akan tetap optimal, jika $0 \leq \Delta \leq 10$. Dengan demikian, b_5 (tenaga kerja) tetap optimal sepanjang $(5 - 0) \leq \Delta \leq (5 + 10)$ atau $5 \leq b_5 \leq 15$. Maka jumlah tenaga kerja yang ditambah maksimal adalah 15 orang.

3.5 Analisis Terhadap Perubahan Kolom Variabel Nonbasis

1. Perubahan kolom pada X_2 (Vas Bunga)

Penambahan bahan baku dari 1 meter menjadi 3 meter dan proses pemotongan dari 3 menit menjadi 5 menit.

$$a_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ 15 \\ 3 \\ 12 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_2 = \begin{bmatrix} 3 \\ 5 \\ 15 \\ 3 \\ 12 \\ 1 \end{bmatrix}$$

maka: $C_2 = C_{BV} B^{-1} a_2 - C_2 = 110.000$. $C_2 \geq 0$ menunjukkan solusi basis saat ini optimal.

2. Perubahan kolom pada X_3 (Tempat Tisu)

Penambahan bahan baku dari 3 meter menjadi 5 meter dan proses perakitan dari 40 menit menjadi 50 menit.

$$a_3 = \begin{bmatrix} 3 \\ 5 \\ 40 \\ 10 \\ 6 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_3 = \begin{bmatrix} 5 \\ 5 \\ 50 \\ 10 \\ 6 \\ 1 \end{bmatrix}$$

maka: $C_3 = C_{BV} B^{-1} a_3 - C_3 = 40.000$. $C_3 \geq 0$ menunjukkan solusi basis saat ini optimal.

3. Perubahan kolom pada X_4 (Nampan)

Penambahan bahan baku dari 6 meter menjadi 10 meter dan proses penganyaman dari 18 menit menjadi 25 menit.

$$a_4 = \begin{bmatrix} 6 \\ 7 \\ 30 \\ 18 \\ 6 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_4 = \begin{bmatrix} 10 \\ 7 \\ 30 \\ 25 \\ 6 \\ 1 \end{bmatrix}$$

maka: $C_4 = C_{BV} B^{-1} a_4 - C_4 = 30.000$. $C_4 \geq 0$ menunjukkan solusi basis saat ini optimal.

4. Perubahan kolom pada X_5 (Storage)

Penambahan bahan baku dari 8 meter menjadi 15 meter, proses pemotongan dari 10 menit menjadi 15 menit, dan proses perakitan dari 45 menit menjadi 50 menit.

$$a_5 = \begin{bmatrix} 8 \\ 10 \\ 45 \\ 20 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_5 = \begin{bmatrix} 15 \\ 15 \\ 50 \\ 20 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

maka: $C_5 = C_{BV} B^{-1} a_5 - C_5 = -30000$. $C_5 \leq 0$ menunjukkan solusi basis saat ini suboptimal.

3.6 Analisis Terhadap Penambahan Aktivitas Baru

Penambahan aktivitas baru yang dilakukan yaitu menambah produk ke-6 yaitu Pot Gantung.

Ft Minimasi

$$Z = 10000X_1 + 10000X_2 + 20000X_3 + 30000X_4 + 50000X_5 + 15000X_6$$

$$\hat{C}_6 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 10000 \ 0] \begin{bmatrix} 2 \\ 5 \\ 30 \\ 7 \\ 10 \\ 1 \end{bmatrix} - 15.000 = 85.000$$

$\hat{C}_6 \geq 0$ menunjukkan solusi basis optimal. Oleh karena itu, produk ke-6 yaitu Pot Gantung perlu diproduksi. Karena produk Pot Gantung yang diproduksi perusahaan akan menambah keuntungan sebesar Rp85.000.

3.7 Analisis Terhadap Penambahan Pembatas Baru

Penambahan pembatas baru dilakukan dengan menambah proses *finishing*.

Ft Minimasi

$$Z = 10000X_1 + 10000X_2 + 20000X_3 + 30000X_4 + 50000X_5$$

Gambar 3 menunjukkan analisis sensitivitas dengan melakukan penambahan pembatas baru.

Objective		Note
<input type="radio"/> Maximize <input checked="" type="radio"/> Minimize		Multiple opt
Teknik Dua Fase Solution		
Variable	Status	Value
X1 (Placemate)	Basic	5
X2 (Vas Bunga)	NONBasic	0
X3 (Tempat Tisu)	NONBasic	0
X4 (Nampian)	NONBasic	0
X5 (Storage)	NONBasic	0
slack 1	Basic	235
slack 2	Basic	2505
slack 3	Basic	2420
slack 4	Basic	2500
surplus 5	Basic	10
artfcl 6	NONBasic	0
slack 7	Basic	2505
Optimal Value (Z)		50000

Gambar 3. *Solution List* Penambahan Pembatas Baru

Jadi, dengan penambahan pembatas baru tidak akan mengubah solusi awal yaitu Placemate karena tidak akan menambah ongkos dan jenis produk yang diproduksi sama.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan biaya per minggu yang dikeluarkan untuk membuat produk *handicraft* Rp50.000. Membutuhkan eceng gondok sebanyak 5 meter dengan waktu yang dibutuhkan untuk proses pemotongan 15 menit, proses perakitan 100 menit, dan proses penganyaman 20 menit. Target produksi 60 unit dan tenaga kerja yang dibutuhkan 5 orang.

Dapat disimpulkan bahwa analisis sensitivitas pada perubahan koefisien fungsi tujuan variabel nonbasis akan tetap optimal sebesar Rp10.000 untuk vas bunga, tempat tisu, nampian, dan *storage*. Perubahan koefisien fungsi tujuan variabel basis menghasilkan solusi optimal jika ongkos *placemate* tidak lebih dari Rp50.000. Perubahan pada ruas kanan pembatas menghasilkan solusi optimal apabila jumlah tenaga kerja yang ditambah maksimal 15 orang. Perubahan pada kolom variabel nonbasis dapat membuat solusi menjadi suboptimal. Penambahan suatu aktivitas baru dapat menambah keuntungan sebesar Rp85.000 dan penambahan pembatas baru tidak akan mengubah solusi awal.

Referensi

- [1] L. Susanto, "Memaksimalkan Keuntungan Harian Pada Industri Rumahan Nanda Jaya dengan Penerapan Metode Simpleks. Barekeng", *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, vol.14, no.4, pp. 535-542, Desember 2020.
- [2] M. S. Rumatna, "Optimasi Jumlah Produksi Roti Menggunakan Program Linear dan Software POM-QM", *Computer Based Information System Journal*, vol.09, no.1, pp. 42-49, Maret 2021.
- [3] M. S. Rumatna, O. Otniel, F. Litaay, C. Sibarani, R. Tahrin, T. N. Lina, dan R. R. Pakpahan, "Optimasi Pendapatan Pembuatan Spanduk dan Baliho Menggunakan Metode Simpleks (Studi Kasus: Usaha Percetakan Shiau Printing)", *Jurikom (Jurnal Riset Komputer)*, vol.07, no.2, pp. 278-284, April 2020.
- [4] B. S. Anggoro, R. M. Rosida, A. M. Mentari, C. D. Novitasari, dan I. Yulista, "Profit Optimization Using Simplex Methods On Home Industry Bintang Bakery In Sukarame Bandar Lampung", *In Journal Of Physics: Conference Series*, vol. 1155, no. 1, pp. 012010, 2019.
- [5] Y. M. Aboelmagd, "Linear Programming Applications In Construction Sites", *Alexandria Engineering Journal*, vol. 57, no. 4, pp. 4177-4187, 2018.
- [6] W. A. Dungga, "Pentingnya Aspek Hukum Pelestarian Danau Limboto dan Pemanfaatan Eceng Gondok sebagai Produk Kerajinan Tangan Khas Masyarakat Desa Buhu Kabupaten Gorontalo", *JPKM (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*, vol. 24, no. 2, pp. 617-622, April-Juni 2018.
- [7] E. Marlina dan E. Harahap, "Mengembangkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Resiliensi Matematik Melalui Pembelajaran Program Linier Berbantuan QM for Windows", *Matematika: Jurnal Teori Dan Terapan Matematika*, vol. 17, no. 2, pp. 59-70, November 2018.
- [8] S. T. Darsini, "Gambaran Umum Penelitian Operasional", *Penelitian Operasional*, Jawa Tengah: Penerbit Lakeisha, 2020, 21.
- [9] S. Aprilyanti, I. Pratiwi, dan M. Basuki, "Optimasi Keuntungan Produksi Kemplang Panggang Menggunakan Linear Programming Melalui Metode Simpleks", *Seminar dan Konferensi Nasional Idec.*, Mei 2018.
- [10] D. Yudhanegara, "Metode Dua Fase", *Riset Operasi Manajemen Transportasi*, Malang: Ahlimedia Press, 2021, 37-38.
- [11] I. K. A. G. Wiguna, K. N. Semadi, I. G. I. Sudipa, dan I. K. J. Septiawan, "Analisis Sensitivitas Prioritas Kriteria Pada Metode Analytical Hierarchy Process (Kasus Penentuan Pemberian Kredit)", *J-Sakti (Jurnal Sains Komputer Dan Informatika)*, vol. 06, no. 01, pp. 1-11, Maret 2022.
- [12] J. Harianto dan K. L. Tuturop, "Analisis Sensitivitas Model Matematika Penyebaran Penyakit Tuberkulosis", *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan*, vol.19, no. 01, pp. 29-38, Juni 2022.