

Penerapan Pemrograman Linear dan Analisis Sensitivitas untuk Mengoptimalkan Produksi Perabot Alumunium

Vera Devani^{*1}, Cheryl Putri Meifi², Sakina Safitri Syahis³

^{1,2,3}Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
J. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293

Email: ¹veradevani@gmail.com, ²cherylputri900@gmail.com, ³sakinasyafitrisyahis@email.ac.id

Abstrak

Usaha ini bergerak di bidang *industri home furnishing* yang memproduksi berbagai jenis lemari kaca 3 pintu, jemuran lipat, jemuran handuk, jemuran, lemari kaca, etalase, dll. Proses produksi yang dilakukan di UMKM ini masih belum optimal dalam menentukan jumlah kebutuhan dengan jumlah produksi yang akan dilakukan maka dari itu pengaplikasian pemrograman linear dan analisis sensitivitas dibutuhkan. Tujuan dari pemrograman Linear adalah untuk menentukan bagaimana memecahkan suatu masalah dengan memaksimalkan atau meminimalkan apa yang dibatasi oleh batas-batas tertentu. Tujuan penelitian adalah untuk menentukan jenis produk yang akan diproduksi, kebutuhan bahan baku, waktu yang dibutuhkan untuk setiap proses, target produk, biaya tenaga kerja dan keuntungan, serta menentukan nilai sensitivitas solusi optimal yang ingin dicapai. Keuntungan bulanan optimal yang didapatkan oleh UMKM ini adalah Rp.2.400.000. Sumber daya yang dibutuhkan antara lain waktu pengukuran 360 menit, waktu pemotongan 240 menit, waktu perakitan 2400 menit, waktu penyelesaian 240 menit, 6 orang, 20 paket bahan koli, dan 30 unit produksi.

Kata kunci: Analisis Sensitivitas, Pemrograman Linear, Teknik Dua Fase.

Abstract

This business is engaged in the home furnishing industry which produces various types of 3-door glass cabinets, folding clotheslines, towel drying racks, clotheslines, glass cabinets, window displays, etc. The product production process carried out in UMKM is still not optimal in determining the number of needs with the amount of product production to be carried out, therefore the application of linear programming and sensitivity analysis is needed. The goal of Linear programming is to determine how to solve a problem by maximizing or minimizing what is limited by certain boundaries. The purpose of this research is to determine the type of product to be produced, the need for raw materials, the time needed for each process, product targets, labor costs and profits, and determine the sensitivity value of the optimal solution to be achieved. The optimal monthly profit obtained by this MSME is IDR 2,400,000. The resources required include 360 minutes of measurement time, 240 minutes of cutting time, 2400 minutes of assembly time, 240 minutes of completion time, 6 people, 20 packages of coli materials, and 30 production units.

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

1. Pendahuluan

Usaha Mandiri Kecil Menengah atau disebut dengan UMKM merupakan aktivitas yang bergerak dibidang ekonomi dimana ini dijadikan oleh mayoritas masyarakat Indonesia sebagai sumber pendapatan. Namun selama ini pembuatan produk dilakukan tanpa melakukan pertimbangan terlebih dahulu dengan segala keterbatasan yang dimiliki oleh perusahaan yaitu dalam hal kapasitas jumlah tenaga kerja, waktu produksi dan sumber bahan baku yang optimal. Usaha Mandiri Kecil Menengah adalah sebuah perusahaan yang bergerak dibidang industri perabotan/peralatan rumah tangga. UMKM memproduksi beberapa produk diantaranya adalah lemari pakaian kaca 3 pintu, jemuran lipat, jemuran handuk, jemuran hanger, lemari piring kaca dan etalase. UMKM melakukan produksi perabot/peralatan rumah tangga ini awalnya tidak melakukan perencanaan untuk keperluan produksi dengan matang. Hal ini sering terjadi mengakibatkan produk sering tidak laku terjual. UMKM perlu mengoptimalkan sumber daya yang tersedia, untuk itu harus dilakukan kajian terhadap jumlah produk perabotan/peralatan rumah tangga yang dapat dioptimalkan dan menghasilkan keuntungan yang lebih.

Penelitian *linear programming* sudah banyak diteliti, dimana penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui keuntungan maksimum serta sumber daya yang dibutuhkan dalam mengoptimalkan produksi. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *linear programming*. Penelitian tersebut menghasilkan bahwa keuntungan maksimum yang bisa didapatkan oleh UMKM dalam waktu 1 hari produksi mencapai jumlah Rp1.540.000 dengan memproduksi 2,1 unit kursi dan 2,8 unit lemari [1].

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan pada sebuah UMKM yang memproduksi meubel menggunakan metode Simpleks didapatkan hasil bahwa jika UMKM memproduksi lemari sebanyak 6,6667 unit keuntungan optimal yang didapat sebesar Rp4.100.000,- [2].

Penelitian sebelumnya dilakukan di UMKM yang bergerak di bidang industri perabot/peralatan rumah tangga, penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui keuntungan optimal yang didapatkan oleh UMKM tersebut dengan menerapkan metode *linear programming* agar mengoptimalkan sumber daya yang dibutuhkan dalam proses produksi. Keuntungan yang diterima oleh UMKM adalah Rp.2.400.000/bulan [3].

Penelitian ini mengaplikasikan metode *linear programming* pada masalah pengambilan keputusan untuk menentukan jumlah produksi produk yang di produksi dalam 1 bulan untuk mendapatkan keuntungan sebesar Rp.2.400.000, oleh karena itu direkomendasikan untuk memproduksi produk perabot/peralatan rumah tangga sejumlah 6 unit/bulan dan mendapatkan keuntungan maksimum sebesar Rp.2.400.000 [4].

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi produk yang diproduksi untuk mengoptimalkan keuntungan dan sumber daya, kebutuhan material, waktu yang dihabiskan untuk setiap proses produksi, tujuan produk, tenaga kerja dan keuntungan yang diperoleh, serta menentukan nilai sensitivitas solusi optimal [5].

Optimasi adalah tentang mencapai hal-hal berikut: Mencapai pemecahan masalah mengarah pada yang terbaik, yaitu batas, dan minimum. Masalah optimisasi meliputi optimasi tak terbatas dan optimisasi terbatas. Kewajiban. Faktor menjadi kendala dalam optimasi tanpa kendala Fungsi target diabaikan, jadi saat menentukan nilai optimum produksi produk, atau Setidaknya tidak ada batasan berbagai pilihan variabel yang bisa digunakan. Dan Optimasi Terkendala, Faktor Kendala Fungsi Objektif diperhitungkan dan berkontribusi untuk menentukan nilai maksimum dan minimum [6].

Sumber daya merupakan semua hal yang bisa digunakan sebagai faktor input untuk suatu kegiatan produksi. Sumber daya tidak selalu bersifat fisik, ada juga yang tidak berwujud. Sumber daya merupakan beberapa hal yang sangat dibutuhkan untuk keberlangsungan dari sebuah proses itu sendiri.

Pemrograman Linear atau *Linear Programming* adalah teknik matematika untuk menentukan cara memecahkan suatu masalah dengan *output* untuk mengoptimalkan sesuatu yang dibatasi oleh batasan tertentu. Ada dua jenis metode pemrograman linier adalah *graf* dan simpleks [7].

Penggunaan metode *graf* dibatasi oleh dua variabel karena *graf* hanya memiliki sumbu vertikal dan horizontal. Sedangkan metode simpleks adalah teknik paling kuat yang dikembangkan untuk menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan program linear yang melibatkan beberapa variabel keputusan dan kendala. Dengan menggunakan *Linear Programming* ini diharapkan dapat memberikan solusi optimal bagi produksi baik dalam menentukan sumber daya yang sesuai dengan perusahaan dan kebutuhan dan mengoptimalkan keuntungan serta produksi [8].

Dalam pemrograman linear terdapat 3 faktor ketentuan yang dapat menyelesaikan suatu masalah dalam produksi, ialah [9]:

1. Variabel Keputusan

Variabel Keputusan X_1, X_2, \dots, X_n ialah setiap nilai dari keputusan.

2. Fungsi Tujuan

Fungsi Tujuan $Z = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ ialah fungsi yang diturunkan dari variabel keputusan maksimum atau minimum.

3. Pembatas

Pembatas $c_i(X_1, X_2, \dots, X_n) \leq b_i$ ialah persamaan pembatas-pembatas yang harus dipenuhi

Teknik Dua Fase adalah metode untuk menentukan solusi optimum dari persoalan yang menggunakan dan variabel yang terdapat dalam sebuah persoalan. Metode ini

digunakan untuk mengetahui adanya solusi fisibel dari perosalan terakait. Teknik 2 fase terbagi menjadi dua fase yaitu[10]:

1. Fase 1

Fase 1 ini dilakukan untuk mendapatkan nilai basis awal bernilai 1 atau 0. Jika ditemukan nilai basis terakhir adalah 1 atau 0 maka fase 1 berhenti hingga iterasi tersebut serta didapatkan solusi fisibel dari permasalahan. Jika tidak, maka iterasi dilanjutkan hingga didapatkan nilai basis 1 atau 0. Jika tidak didapatkan nilai basis 1 atau 0 dan didapat solusi tersebut bukan fisibel dan tidak dapat lanjut pada fase 2.

2. Fase 2

Fase 2 dilanjutkan ketika didapatkan nilai fisibel dari fase 1 langkah selanjutnya melakukan metode simpleks dengan koefisien semula dari fungsi tujuan. Caranya dengan menggunakan nilai optimal dasar dari fase pertama sebagai solusi awal lalu ubah fungsi tujuan fase 1 dan menyetel ulang fungsi tujuan keadaan awal.

Analisis sensitivitas merupakan hal terpenting dalam menemukan solusi pengambilan keputusan yang optimal. Umumnya, analisis sensitivitas menghitung stabilitas hasil solusi optimal ketika bobot beberapa parameter evaluasi diubah dalam proses pengambilan keputusan. [11].

Analisis sensitivitas digunakan untuk menentukan kekokohan atau *robustness* suatu model berdasarkan perubahan nilai parameter. Permasalahan tersebut bisa disebabkan oleh kesalahan pada saat pengumpulan data dan estimasi nilai parameter. Analisis ini juga digunakan untuk menentukan parameter yang berpengaruh signifikan terhadap angkareproduksi basal dan menjadi target strategi intervensi. Perubahan relatif suatu variabel ketika parameter diubah biasanya diukur dengan menggunakan indeks sensitivitas[12].

2. Metode Penelitian

Metodologi penelitian berisi langkah-langkah dalam melakukan penelitian mulai dari awal penelitian dilakukan sampai selesai. Data yang dibutuhkan dalam penelitian terdapat dari data utama dan data penyokong. Data pokok berupa uraian proses serta waktu yang digunakan selama proses produksi. Data pendukung meliputi profil perusahaan, ketersediaan bahan baku, kebutuhan bahan baku, ketersediaan tenaga kerja, kebutuhan tenaga kerja, maksimum waktu produksi, dan harga produk. Tahapan penelitian:

1. Menetapkan Variabel

Variabel yang digunakan :

X_1 = Lemari Pakaian Kaca 3 Pintu X_2 = Jemuran Lipat

X_3 = Jemuran Handuk X_4 = Jemuran Hanger X_5 = Lemari Piring

2. Menetapkan Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan dari penelitian ini yaitu maksimasi keuntungan sehingga didapatkan bentuk persamaan fungsi tujuan maksimasi.

Ft Maksimasi:

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

3. Menentukan Kendala

Kendala yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu proses produksi (Proses Pengukuran, Pemetongan, Perakitan, *Finishing*), tenaga kerja, jumlah produksi, bahan baku (besi *hollow*) yang dibutuhkan dalam waktu 1 bulan.

4. Membuat model matematika *Linear Programming* Fase 1 dengan fungsi tujuan maksimasi

5. Membuat model matematika *Linear Programming* Fase 2 dengan fungsi tujuan maksimasi

6. Menentukan solusi optimum *Linear Programming* Teknik 2 Fase dengan menggunakan aplikasi *software QM for Windows V5*. Aplikasi *software QM for Windows V5* adalah sebuah aplikasi yang digunakan aplikasi untuk mengambil keputusan, dalam penelitian ini digunakan sebagai media untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

7. Melakukan Analisis Sensitivitas

a. Analisis Koefisien Fungsi Tujuan untuk Variabel Nonbasis

Analisis ini terjadi karena adanya perubahan, baik pada kontribusi keuntungan maupun pada kontribusi ongkos dari kegiatan yang direpresentasikan oleh variabel nonbasis.

b. Analisis Perubahan Koefisien Fungsi Tujuan untuk Variabel Basis

Analisis ini bertujuan untuk mengubah koefisien fungsi tujuan variable basis artinya mengubah C_{BV} sehingga beberapa koefisien pada baris 0 dari table optimal akan berubah.

c. Analisis Ruas Kanan

Analisis yang digunakan dengan menambah ruas kanan, namun tidak merubah baris 0 pada tabel optimal

d. Analisis Kolom Variabel Non Basis

Analisis ini digunakan untuk mengubah variable non basis saja, namun tidak merubah hasil optimal ruas kanan.

e. Analisis Penambahan Suatu Aktivitas Baru

Analisis ini untuk mengetahui penambahan aktivitas baru tidak merubah hasil optimal sebelumnya.

f. Analisis Penambahan Pembatas Baru

Analisis ini digunakan untuk mengetahui bahwa penambahan pembatas baru tidak merubah nilai optimal sebelumnya.

3. Hasil dan Analisa

Model matematika untuk mengoptimalkan produksi perabot kaca dan alumunium adalah sebagai berikut.

Ft Maksimasi

$$Z = 800.000X_1 + 200.000X_2 + 60.000X_3 + 300.000X_4 + 700.000X_5$$

Bentuk Kanonik:

Ft Maksimasi:

$$Z = 800.000X_1 + 200.000X_2 + 60.000X_3 + 300.000X_4 + 700.000X_5 + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3 + 0S_4 + 0S_6 + 0S_7 - MR_5 - MR_6 - MR_7$$

Kendala:

$$\begin{aligned} 100X_1 + 40X_2 + 40X_3 + 40X_4 + 80X_5 + S_1 &= 15.600 \\ 80X_1 + 20X_2 + 15X_3 + 20X_4 + 60X_5 + S_2 &= 15.600 \\ 600X_1 + 300X_2 + 200X_3 + 300X_4 + 500X_5 + S_3 &= 15.600 \\ 60X_1 + 30X_2 + 20X_3 + 30X_4 + 50X_5 + S_4 &= 15.600 \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + R_5 &= 6 \\ 4X_1 + 3X_2 + 2X_3 + 2X_4 + 4X_5 - S_6 + R_6 &= 20 \\ 3X_1 + 6X_2 + 6X_3 + 8X_4 + 3X_5 - S_7 + R_7 &= 30 \\ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, S_1, S_2, S_3, S_4, S_6, S_7, R_5, R_6, R_7 &\geq 0 \end{aligned}$$

Dari persamaan di atas diperoleh:

$$R_5 = 6 - X_1 - X_2 - X_3 - X_4 - X_5$$

$$R_6 = 20 - 4X_1 - 3X_2 - 2X_3 - 2X_4 - 4X_5 + S_6$$

$$R_7 = 30 - 3X_1 - 6X_2 - 6X_3 - 8X_4 - 3X_5 + S_7$$

Fase 1

Ft Minimasi:

$$r = R_5 + R_6 + R_7$$

$$r + 8X_1 + 10X_2 + 10X_3 + 11X_4 + 8X_5 - S_6 - S_7 = 56$$

Pembatas:

$$\begin{aligned} 100X_1 + 40X_2 + 40X_3 + 40X_4 + 80X_5 + S_1 &= 15.600 \\ 80X_1 + 20X_2 + 15X_3 + 20X_4 + 60X_5 + S_2 &= 15.600 \\ 600X_1 + 300X_2 + 200X_3 + 300X_4 + 500X_5 + S_3 &= 15.600 \\ 60X_1 + 30X_2 + 20X_3 + 30X_4 + 50X_5 + S_4 &= 15.600 \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + R_5 &= 6 \\ 4X_1 + 3X_2 + 2X_3 + 2X_4 + 4X_5 - S_6 + R_6 &= 20 \\ 3X_1 + 6X_2 + 6X_3 + 8X_4 + 3X_5 - S_7 + R_7 &= 30 \end{aligned}$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, S_1, S_2, S_3, S_4, S_6, S_7, R_5, R_6, R_7 \geq 0$$

Gambar 1 menunjukkan iterasi pada fase 1

Iteration 4																
0	slack 1	15,240	0	0	-120,0	0	-20	1	0	0	0	-760,0	120,0	-120,0	60,0	-60,0
0	slack 2	15,360	0	0	-125,0	0	-20	0	1	0	0	-740,0	120,0	-120,0	60,0	-60,0
0	slack 3	13,200	0	0	-700,0	0	-100	0	0	1	0	-3,900,0	600,0	-600,0	300,0	-300,0
0	slack 4	15,360	0	0	-70,0	0	-10	0	0	0	1	-390,0	60,0	-60,0	30,0	-30,0
0	Lemari Pak...	2,0	1	0	2,0	0	1	0	0	0	0	12,0	-2,0	2,0	-1,0	1,0
0	Jemuran Li...	4,0	0	1	-4,0	0	0	0	0	0	0	-26,0	5,0	-5,0	2,0	-2,0
0	Jemuran H...	0	0	0	3,0	1	0	0	0	0	0	15,0	-3,0	3,0	-1,0	1,0
	zj	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0
	cj-zj											-1	-1	0	-1	0

Gambar 1. Iterasi Fase 1

Berdasarkan tabel iterasi pada gambar 1 didapatkan cj-zj, basis bernilai 0, 1 atau -1 maka persoalan diatas memiliki solusi optimal, maka boleh dilanjutkan ke fase 2.

Fase 2

Ft Maksimasi:

$$Z = -400.000X_3 - 100.000X_5 - 1.500.000S_6 - 700.000S_7 + 2.400.000$$

Pembatas:

$$-120X_3 - 20X_5 + S_1 - 120S_6 - 60S_7 = 15.240$$

$$-125X_3 - 20X_5 + S_2 - 120S_6 - 60S_7 = 15.360$$

$$-700X_3 - 100X_5 + S_3 - 600S_6 - 300S_7 = 13.200$$

$$-70X_3 - 10X_5 + S_4 - 60S_6 - 30S_7 = 15.360$$

$$X_1 + X_5 + 2S_6 + S_7 = 2$$

$$X_2 - 4X_3 - 5S_6 - 2S_7 = 4$$

$$3X_3 + X_4 + 3S_6 + S_7 = 0$$

Gambar 2 menunjukkan iterasi pada fase 2

Phase 2																
0	slack 1	15,240	0	0	-120,0	0	-20	1	0	0	0	-760,0	120,0	-120,0	60,0	-60,0
0	slack 2	15,360	0	0	-125,0	0	-20	0	1	0	0	-740,0	120,0	-120,0	60,0	-60,0
0	slack 3	13,200	0	0	-700,0	0	-100	0	0	1	0	-3,900,0	600,0	-600,0	300,0	-300,0
0	slack 4	15,360	0	0	-70,0	0	-10	0	0	0	1	-390,0	60,0	-60,0	30,0	-30,0
800000	Lemari Pak...	2,0	1	0	2,0	0	1	0	0	0	0	12,0	-2,0	2,0	-1,0	1,0
200000	Jemuran Li...	4,0	0	1	-4,0	0	0	0	0	0	0	-26,0	5,0	-5,0	2,0	-2,0
300000	Jemuran H...	0	0	0	3,0	1	0	0	0	0	0	15,0	-3,0	3,0	-1,0	1,0
	zj	2,400,000	800000	200000	1700000	300000	800000	0	0	0	0	8900000	-1500000	1500000	-700000	700000
	cj-zj				-1,640,000		-100,000					-8,900,000	1,500,000	-1,500,000	700,000	-700,000

Gambar 2. Iterasi Fase 2

Berdasarkan iterasi yang didapatkan pada Fase 2 keuntungan yang diperoleh perusahaan jika memproduksi produk perabot kaca dan alumunium dalam waktu 1 bulan yaitu Rp2.400.000. Kebutuhan sumber daya yang dibutuhkan untuk mengoptimalkan keuntungan yaitu waktu pengukuran 360 menit/bulan, waktu pemotongan 240 menit/bulan, waktu perakitan 2400

menit/bulan, waktu finishing 240 menit/bulan, jumlah tenaga kerja 6 orang, persediaan besi hollow 20 koli/bulan dan jumlah produksi 30 unit/bulan.

3.1 Analisis Sensitivitas

Ft Maksimasi:

$$Z = 800.000 X_1 + 200.000 X_2 + 60.000 X_3 + 300.000 X_4 + 700.000 X_5$$

Dari tabel iterasi pada fase 2 didapatkan BV dan NBV adalah sebagai berikut:

$$BV = \{S_1, S_2, S_3, S_4, X_1, X_2, X_4\}, NBV = \{X_3, X_5, S_6, S_7, R_5\}$$

$$X_{BV} = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ X_1 \\ X_2 \\ X_4 \end{bmatrix}; X_{NBV} = [X_3, X_5, S_6, S_7, R_5]$$

$$B^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -760 & -120 & -60 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -740 & -120 & -60 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -3900 & -600 & -300 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -390 & -60 & -30 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 12 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -26 & -5 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 15 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$C_{BV} B^{-1} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 800.000 \ 200.000 \ 300.000] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -760 & -120 & -60 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -740 & -120 & -60 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -3900 & -600 & -300 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -390 & -60 & -30 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 12 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -26 & -5 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 15 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 8.900.000 \ 1.500.000 \ 700.000]$$

3.1.1 Analisis Perubahan Koefisien Fungsi Tujuan untuk Variabel Non Basis

1. Perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel nonbasis X_3 (Jemuran Handuk)

Koefisien fungsi tujuan X_3 adalah $C_3 = 60.000$ perubahan C_3 dari 60.000 menjadi $(60.000 + \Delta)$.

$$C_3 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 8.900.000 \ 1.500.000 \ 700.000] \begin{bmatrix} 40 \\ 15 \\ 200 \\ 20 \\ 1 \\ 2 \\ 6 \end{bmatrix} - (60.000 + \Delta) = 16.040 - \Delta$$

Agar $C_3 \geq 0$ dan BV tetap optimal, maka $\Delta \leq 16.040$. Batas toleransi keuntungan yang dapat diperbolehkan agar tetap optimal dari produksi produk jemuran handuk adalah Rp. 43.960.

2. Perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel non basis X_5 (Lemari Piring Kaca)

Koefisien fungsi tujuan X_5 adalah $C_5 = 700.000$ perubahan C_5 dari 700.000 menjadi $(700.000 + \Delta)$.

$$C_5 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 8.900.000 \ 1.500.000 \ 700.000] \begin{bmatrix} 80 \\ 60 \\ 500 \\ 50 \\ 1 \\ 4 \\ 3 \end{bmatrix} - (700.000 + \Delta) = 163.000 - \Delta$$

Agar $C_5 \geq 0$ dan BV tetap optimal, maka $\Delta \leq 163.000$. Batas toleransi keuntungan yang diperbolehkan agar tetap optimal dari produksi lemari piring kaca adalah Rp. 537.000.

3.1.2 Analisis Perubahan Koefisien Fungsi Tujuan untuk Variabel Basis

1. Perubahan C_1 (Lemari Pakaian Kaca 3 Pintu)

Keuntungan Lemari pakaian kaca 3 pintu (C_1) berubah dari 800.000 menjadi $(800.000 + \Delta)$. Maka C_{BV} yang baru adalah $[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 800.000 + \Delta \ 200.000 \ 300.000]$ sehingga:

$$C_{BV} B^{-1} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 800.000 + \Delta \ 200.000 \ 300.000] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -760 & -120 & -60 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -740 & -120 & -60 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -3900 & -600 & -300 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -390 & -60 & -30 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 12 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -26 & -5 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 15 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 8.900.000 + \Delta \ 1.500.000 \ 700.000]$$

Koefisien baris 0 menjadi:

- $\hat{C}_3 = C_{BV} B^{-1} a_3 - C_3 = 16.040.000 + \Delta$
- $\hat{C}_5 = C_{BV} B^{-1} a_5 - C_5 = 16.300.000 + \Delta$
- $\hat{C}_{S6} = C_{BV} B^{-1} a_{S6} - C_{S6} = -1.500.000$
- $\hat{C}_{S7} = C_{BV} B^{-1} a_{S7} - C_{S7} = -700.000$
- $\hat{C}_{R5} = C_{BV} B^{-1} a_{R5} - C_{R5} = 8.900.001 + \Delta$

Agar C_1 tetap optimal, maka $\Delta \leq 9.700.001$. Solusi akan tetap optimal jika ongkos lemari kaca 3 pintu tidak melewati Rp9.700.001.

2. Perubahan C_2 (Jemuran Lipat)

Keuntungan Jemuran Lipat (C_2) berubah dari 200.000 menjadi $(200.000 + \Delta)$. Maka C_{BV} yang baru adalah $[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 800.000 \ 200.000 + \Delta \ 300.000]$ sehingga:

$$C_{BV} B^{-1} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 800.000 \ 200.000 + \Delta \ 300.000] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -760 & -120 & -60 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -740 & -120 & -60 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -3900 & -600 & -300 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -390 & -60 & -30 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 12 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -26 & -5 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 15 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 8.900.000 \ 1.500.000 + \Delta \ 700.000]$$

Koefisien baris 0 menjadi:

- $\hat{C}_3 = C_{BV} B^{-1} a_3 - C_3 = 16.040.000 + 2\Delta$
- $\hat{C}_5 = C_{BV} B^{-1} a_5 - C_5 = 16.300.000 + 4\Delta$
- $\hat{C}_{S6} = C_{BV} B^{-1} a_{S6} - C_{S6} = -1.500.000 - \Delta$
- $\hat{C}_{S7} = C_{BV} B^{-1} a_{S7} - C_{S7} = -700.000$
- $\hat{C}_{R5} = C_{BV} B^{-1} a_{R5} - C_{R5} = 8.900.000 + 1$

Agar C_2 tetap optimal, maka $\Delta \leq 1.300.000$. Solusi akan tetap optimal jika ongkos jemuran lipat tidak melewati Rp1.300.000.

3. Perubahan C_4 (Jemuran Hanger)

Keuntungan Jemuran Hanger (C_4) berubah dari 300.000 menjadi $(300.000 + \Delta)$. Maka C_{BV} yang baru adalah $[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 800.000 \ 200.000 \ 300.000 + \Delta]$ sehingga:

$$C_{BV} B^{-1} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 800.000 \ 200.000 \ 300.000 + \Delta] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -760 & -120 & -60 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -740 & -120 & -60 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -3900 & -600 & -300 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -390 & -60 & -30 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 12 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -26 & -5 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 15 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

Koefisien baris 0 menjadi:

- $\hat{C}_3 = C_{BV} B^{-1} a_3 - C_3 = 16.040.000 + 6\Delta$
- $\hat{C}_5 = C_{BV} B^{-1} a_5 - C_5 = 16.300.000 + 3\Delta$
- $\hat{C}_{S6} = C_{BV} B^{-1} a_{S6} - C_{S6} = -1.500.000$
- $\hat{C}_{S7} = C_{BV} B^{-1} a_{S7} - C_{S7} = -700.000 - \Delta$
- $\hat{C}_{R5} = C_{BV} B^{-1} a_{R5} - C_{R5} = 8.900.001$

Agar C_4 tetap optimal, maka $\Delta \leq 2.373.333$. Solusi akan tetap optimal jika ongkos jemuran hanger tidak melewati Rp2.373.333.

3.1.3 Analisis Perubahan pada Ruas Kanan Suatu Pembatas

Tahap produksi produk dari bahan alumunium ini, dilakukan penambahan pada jumlah tenaga kerja agar proses produksi lebih cepat selesai dan dapat mencapai target. B_5 yaitu (Jumlah Tenaga Kerja)

dari 6 menjadi $(6 + \Delta)$, maka perhitungan menjadi:

$$B^{-1}b = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -760 & -120 & -60 & 15600 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -740 & -120 & -60 & 15600 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -3900 & -600 & -300 & 15600 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -390 & -60 & -30 & 15600 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 12 & 2 & 1 & 6 + \Delta \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -26 & -5 & -2 & 20 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 15 & 3 & 1 & 30 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6840 - 760 \Delta \\ 6960 - 740 \Delta \\ -28800 - 3900 \Delta \\ 11.160 - 390 \Delta \\ 142 + 12 \Delta \\ -316 - 26 \Delta \\ 180 + 15 \Delta \end{bmatrix}$$

Solusi basis ini akan tetap optimal jika $-11,8 \leq \Delta \leq -7,3$. Dengan demikian, sepanjang $(6 - 7,3) \leq B_5 \leq (6 + 7,3)$ atau $-1,3 \leq B_5 \leq 13,3$, solusi basis saat ini akan tetap fisibel jika dilakukan penambahan tenaga kerja sebanyak 13 orang.

3.1.4 Analisis Penambahan Kolom Variabel Non Basis

1. Perubahan kolom pada X_3 (Jemuran Handuk)

Perubahan yang dilakukan yaitu pada jumlah kebutuhan besi *hollow* yang awalnya 2 batang menjadi 3 batang, dilakukan penambahan pada kebutuhan besi *hollow* karena besi *hollow* yang diambil dari gudang penyimpanan bisa mengalami pelapukan dan patah sehingga perlu dilakukan penambahan.

$$a_3 = \begin{bmatrix} 40 \\ 15 \\ 200 \\ 20 \\ 1 \\ 2 \\ 6 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_3 = \begin{bmatrix} 40 \\ 15 \\ 200 \\ 20 \\ 1 \\ 3 \\ 6 \end{bmatrix}$$

Maka $C_3 = C_{BV} B^{-1} a_3 - C_3$

$$C_3 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 800.000 \ 200.000 \ 300.000] \begin{bmatrix} 40 \\ 15 \\ 200 \\ 20 \\ 1 \\ 3 \\ 6 \end{bmatrix} - 60.000$$

$$= 3.140.000$$

Karena keuntungan produk X_3 (Jemuran Handuk) Rp.3.140.000, maka solusi saat ini tetap optimal.

2. Perubahan Kolom pada X_5 (Lemari Piring Kaca)

Perubahan yang dilakukan yaitu pada jumlah kebutuhan besi *hollow* yang awalnya 4 batang menjadi 6 batang, dilakukan penambahan pada kebutuhan besi *hollow* karena besi *hollow* yang diambil dari gudang penyimpanan bisa mengalami pelapukan dan patah sehingga perlu dilakukan penambahan.

$$a_5 = \begin{bmatrix} 80 \\ 60 \\ 500 \\ 50 \\ 1 \\ 4 \\ 3 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_5 = \begin{bmatrix} 80 \\ 60 \\ 500 \\ 50 \\ 1 \\ 6 \\ 3 \end{bmatrix}$$

Maka, $C_5 = C_{BV} B^{-1} a_5 - C_5$

$$= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 800.000 \ 200.000 \ 300.000] \begin{bmatrix} 80 \\ 60 \\ 500 \\ 50 \\ 1 \\ 6 \\ 3 \end{bmatrix} - 700.000$$

$$= 2.200.000$$

Karena keuntungan produk X_5 (Lemari Piring Kaca) Rp.2.200.000, maka solusi saat ini tetap optimal.

3.1.5 Analisis Penambahan Suatu Aktivitas Baru

Aktivitas baru yang ditambahkan yaitu menambah produk keenam yaitu Etalase. Keuntungan yang didapat pada setiap produksi yaitu Rp. 500.000.

Berikut adalah bentuk formulasi dari penambahan suatu aktivitas baru yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

Ft Maksimasi

$$Z = 800.000X_1 + 200.000X_2 + 60.000X_3 + 300.000X_4 + 700.000X_5 + 500.000X_6$$

$$C_6 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 800.000 \ 200.000 \ 300.000] \begin{bmatrix} 60 \\ 30 \\ 400 \\ 40 \\ 1 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix} - 500.000$$

$$= 2.100.000$$

Karena $C_6 \geq 0$ maka solusi basis saat ini optimal, sehingga produk ke-6 yaitu Etalase sebaiknya tidak dibuat karena hanya akan mengeluarkan ongkos sebesar Rp.2.100.000 tanpa memperoleh keuntungan apapun.

3.1.6 Analisis Penambahan Pembatas Baru

Pembatas yang ditambahkan yaitu dengan menambah waktu pengamplasan pada setiap produk yang dibuat.

Ft Maksimasi:

$$Z = 800.000X_1 + 200.000X_2 + 60.000X_3 + 300.000X_4 + 700.000X_5$$

Gambar 3 menampilkan analisis sensitivitas jika dilakukan penambahan terhadap pembatas baru.

(untitled) Solution		
Variable	Status	Value
Lemari Pakaian Kaca 3 pintu (X1)	Basic	2
Jemuran Lipat (X2)	Basic	4
Jemuran Handuk (X3)	NONBasic	0
Jemuran Hanger (X4)	Basic	0
Lemari Piring (X5)	NONBasic	0
slack 1	Basic	15240
slack 2	Basic	15360
slack 3	Basic	13200
slack 4	Basic	15360
slack 5	Basic	15440
artfcl 6	NONBasic	0
surplus 7	NONBasic	0
surplus 8	NONBasic	0
Optimal Value (Z)		2400000

Gambar 3. Solution List Penambahan Pembatas Baru Software QM for Windows

Jadi, walaupun dilakukan penambahan pembatas baru tidak akan mempengaruhi solusi optimal awal, karena keuntungan produk yang diproduksi tetap yaitu dengan harga Rp.

2.400.000 dengan produk lemari pakaian kaca 3 pintu sebanyak 2 unit, dan produk jemuran lipat sebanyak 4 unit.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka didapatkan keuntungan yang didapatkan oleh perusahaan jika memproduksi 2 unit lemari pakaian kaca 3 pintu dan 4 unit Jemuran Lipat dalam waktu 1 bulan keuntungan yang diperoleh yaitu Rp2.400.000. Kebutuhan sumber daya yang dibutuhkan meliputi waktu pengukuran 360 menit, waktu pemotongan 240 menit, waktu

perakitan 2400 menit, waktu *finishing* 240 menit, jumlah tenaga kerja 6 orang, persediaan besi *hollow* 20 koli, dan jumlah produksi 30 unit.

Berdasarkan penelitian analisis sensitivitas yang didapatkan perubahan koefisien pada fungsi tujuan non basis akan tetap optimal jika Rp16.040 untuk produk jemuran handuk dan akan tetap optimal jika Rp163.000 untuk produk lemari piring kaca. Berdasarkan perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel basis akan tetap optimal jika Rp9.700.001 pada produk lemari pakaian kaca 3 pintu, Rp1.300.000 pada jemuran lipat, dan Rp2.373.333 pada produk jemuran hanger. Perubahan pembatas pada ruas kanan menghasilkan solusi optimal jika pekerja ditambah menjadi 13 orang. Analisis penambahan kolom variabel non basis menghasilkan solusi optimal yaitu Rp3.140.000 untuk jemuran handuk dan Rp2.200.000 untuk lemari piring kaca. Penambahan aktivitas baru yaitu produk ke-6 etalase tidak perlu ditambahkan karena hanya akan mengeluarkan ongkos sebesar Rp2.100.000 dan tidak memberikan keuntungan apapun. Penambahan pembatas baru tidak mempengaruhi solusi awal, karena keuntungan produk yang didapatkan tetap sama yaitu Rp2.400.000.

Referensi

- [1] A. I. Tae, O. R. Sikas Dan F. Luan, "Optimasi Produksi Meubel Menggunakan Metode Simpleks", *J- Math*, Vol. 1, No. 2, April 2023, Pp. 1-8.
- [2] D. R. Indah And P. Sari, "Penerapan Model Linear Programming Untuk Mengoptimalkan Jumlah Produksi Dalam Memperoleh Keuntungan Maksimal (Studi Kasus Pada Usaha Angga Perabot)", *J. Manaj. Inov.*, Vol. 10, No. 2, 2020.
- [3] Dr. Zulyadaini. Program Linear. Seri Pembelajaran. Yogyakarta, Bantul. 2015: 31-45.
- [4] E. Safitri, S. Basriati, M. Soleh Dan Yuhandi, "Penyelesaian Program Linier Menggunakan Metode Simpleks Dua Fase Dan Metode Quick Simpleks Dua Fase", *J Matematika, Sains, Dan Pembelajarannya*, Vol. 15, NO. 3, Desember 2021, PP 1858-0629.
- [5] I. A. Hasugian, F. Ingrid, And K. Wardana, "Analisis Kelayakan Dan Sensitivitas: Studi Kasus UKM Mochi Kecamatan Medan Selayang," *Bul. Utama Tek.*, Vol. 15, No. 2, Pp. 159–164, 2020.
- [6] 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.
- [7] J. Supratman, "Perancangan Optimasi Produksi Produk Freezer Dan Showcase Di PT FPS". Volume X, No 3, 320-341
- [8] L.Marseella, A. W. I. Jowanka Dan R. Saputra, "Maksimalisasi Keuntungan Pada UMKM MEBEL Pak Mualim Menggunakan Metode program linear dan POM-QM", *Hubisintek* 2021.
- [9] S. Aprilyanti, "Optimasi Keuntungan Produksi Pada Industri Kayu PT. Indopal Harapan Murni Menggunakan Linear Programming," *Penelit. Dan Apl. Sist. Dan Tek. Ind.*, Vol. 13, No. 1, Pp. 1–8, 2019.
- [10] 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.
- [11] Suyadi, Syahdanur Dan S. Suryani, "Analisis Pengembangan Usaha Mikro Kecil Dan Menengah (UMKM) Di Kabupaten Bengkalis-Riau," *J Ekonomi Kiat*. Vol. 29, No. 1, Juni 2018.
- [12] Y. R. Akbar Dan Mar'aini, "Optimasi Produksi Pada Industri Kecil Dan Menengah Karya Unisi Dengan Penerapan Model Linear Programming", *J Inovasi Pendidikan*, Vol. 2, No. 2, 8 Januari 2022.