

Optimalisasi Produk Meubel Jati Menggunakan Metode *Two-Phase Simplex* dan *Sensitivity Analysis*

Vera Devani¹, Fina Noviana*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, ²finanoviana0@gmail.com

Abstrak

UMKM Meubel Jati bergerak dibidang industri meubel yang memproduksi berbagai jenis produk seperti lemari pakaian, kursi makan, meja tamu, tempat tidur, pembatas ruangan, kursi santai dan mimbar jati. Metode penelitian yang digunakan adalah *Two-Phase Simplex* dan *Sensitivity Anlaysis* dengan memperhatikan sumber daya dalam proses produksi. Metode ini melakukan pendekatan variabel *slack* (semu) dan mencari perubahan output pada produksi. Tujuan penelitian adalah mengidentifikasi jenis produk yang dibuat, kebutuhan bahan baku, waktu yang diperlukan, target produksi, tenaga kerja, keuntungan yang didapat dan perhitungan *analysis*. Hasil keuntungan maksimal perusahaan dalam waktu sebulan adalah Rp. 5.000.000 dengan target 35 unit produk. Kebutuhan waktu setiap produksi pada proses pengukuran 96,86 menit, proses pemotongan 131,25 menit, proses perakitan 218,75 menit, kebutuhan pengecatan pernis 5 kg dan jumlah tenaga kerja 10 orang. Pada hasil analisis penambahan pada kolom variabel nonbasis solusi tetap optimal dan untuk aktivitas baru tidak perlu dikakukan.

Kata kunci: Analisis Sensitivitas, Pemograman Linier, Simplek 2 Fase.

Abstract

UMKM Teak Furniture is engaged in furniture and produces various items, including beds, room dividers, lounge chairs, dining chairs, coffee tables, and teak pulpits. *Two-Phase Simplex* and *Sensitivity Analysis* which considers resources in the production process is the research methodology used. Approaching the (pseudo) slack variable and looking for output changes is the technique adopted. The research objective is to identify the type of product produced, the need for raw materials, the time needed, production targets, labor, and profit analysis. The company targets to sell 35 units of goods, with a maximum profit of Rp. 5,000,000 per month. Each production must last 96.86 minutes to be measurable. process, 131.25 minutes for the cutting process, 218.75 minutes for the assembly process, 5 kg of varnish painting and 10 workers. Based on the results of the analysis, the addition of non-basic variable columns is still optimal and for new activities there is no need to do so.

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

1. Pendahuluan

UMKM (Usaha Mandiri Kecil Menengah) telah berkembang pesat hingga saat ini yang harus berdasarkan pada perencanaan dalam memberikan penentuan terhadap produksi dari suatu produk. Berdasarkan pada laporan terbaru *Purchasing Manager's Index* (PMI) manufaktur Indonesia naik menjadi 52,5 pada bulan juni 2023. Hal ini memberikan fakta bahwa pertumbuhan aktifitas sektor industri yang bertumbuh dan berkembang pesat.

Salah satunya pada UMKM dibidang meubel jati yang mengelola bahan baku kayu, dimana industri meubel jati ini dapat menghasilkan dan memasarkan produk dekorasi rumah yang diproduksi dari bahan baku utama kayu jati diantaranya seperti lemari, tempat tidur, kursi, meja, pintu, jendela, dan banyak lainnya. seperti yang diketahui bahwa meubel ataupun *furniture* sebagian besarnya merupakan usaha mikro, kecil dan menengah [1], [2].

Penelitian ini dilakukan pada UMKM yang membuat produk meubel dari bahan baku kayu jati. UMKM ini memproduksi beberapa jenis meubel diantaranya lemari pakaian 4 pintu, kursi makan, meja tamu, tempat tidur, pembatas ruangan, kursi santai dan mimbar jati. Proses produksi pada UMKM ini belum memiliki perencanaan yang tepat. Karena itu perlunya menerapkan metoode *Linear Programming* untuk mengoptimalkan proses produksi UMKM agar mendapatkan sumber daya dan keuntungan optimal.

Penelitian yang berkaitan pada *Linear Programming* Metode Simplek dilakukan pada *Home Industry*. Dimana hasil keuntungan maksimum didapatkan melalui implementasi

perhitungan yang menunjukkan jumlah produksi yang optimal agar dapat diproduksi untuk mencapai keuntungan maksimum, seperti yang telah diakumulasikan pada periode satu bulan adalah sebesar Rp. 124.061.100 dari hasil seluruh penjualan sehingga keuntungan maksimum yang didapat adalah Rp. 4.135.370 [3].

Penelitian terkait dengan Programan Linier dengan menggunakan Metode Simplek Pada Rumah Produksi Tahu yang memiliki permasalahan jumlah komoditas yang dihasilkan tidak sesuai dengan sumber daya yang tersedia. Menurut hasil perhitungan optimasi, perusahaan bisa mendapatkan keuntungan maksimal sebesar Rp. 148.000/hari dengan produksi tahu putih 3,64 kali dan dari tahu taqwa 1,82 kali [4].

Penelitian berkaitan yaitu Metode *Linear Programming* dengan bantuan *Software Pcharm* dan *Software POM-QM* untuk mengatasi permasalahan pada Site LTE Wilayah Jabodetabek. Hasil keuntungan maksimum yang didapatkan dari perhitungan menggunakan dua bantuan perangkat lunak untuk mendapatkan jumlah tiap tipe LTE yang harus dibangun adalah Rp. 2.452.380.95.518,722. Didapatkan dari perbedaan waktu yang ada *Software POM-QM* lebih efektif untuk mendapatkan solusi optimum dibandingkan *Pycharm* [5].

Penelitian terkait menerapkan Programan Linier bilangan bulat dengan Metode *Branch and Bound* untuk mengoptimalkan produksi baju panjang dan tunik ayyumnah. Dimana toko ayyumnah harus memproduksi 1 pcs kemeja panjang dan 9 pcs tunik setiap harinya, agar mendapatkan keuntungan yang maksimum sebesar Rp. 310.000,00 [6].

Penelitian terkait pada UMKM Rumah Keripik Tempe untuk menyelesaikan permasalahan dengan Metode Simplek untuk menentukan jumlah unit produksi jenis kemasan keripik tempe untuk mendapatkan hasil yang keuntungan maksimal serta untuk mengefisiensikan sumber daya dan waktu. Hasil yang diperoleh untuk kemasan kecil 661 unit dan kemasan besar 291 unit yang memperoleh keuntungan sebesar Rp. 23.600 dan waktu yang berkurang sebanyak 9,29 jam [7].

Penelitian terkait yang berkaitan dengan *Two-Phase Simplex* untuk menentukan jadwal produksi dan penjualan yang optimal. Dimana hasil dari solusi layak dasar awal fase 1 adalah -153, pada fase 2 sesuai dengan semua output optimal dengan nilai maksimum pabrik keluar 65 ton/bulan [8].

Penelitian terkait yang menggunakan Metode Dua Fase untuk memecahkan masalah distribusi dalam menerapkan *fuzzy*, dimana pada pengoptimalkan penerapan *fuzzy* pada fase pertama mendapatkan solusi *fuzzy* penuh kriteria tunggal, pada fase kedua mendapatkan solusi bernilai nyata dari masalah multiobjektif *fuzzy* [9].

Penelitian terkait menggunakan *Analysis Sensitivity* untuk mengidentifikasi parameter pada COVID-19 yang paling dominan mempengaruhi penyebaran penyakit. Hasil yang didapatkan dari hasil perhitungan Analisis Sensitivitas adalah $C\alpha R0 = -0,911$ menandakan bahwa peningkatan (atau penurunan) parameter α sebesar 10% akan menyebabkan penurunan (atau peningkatan) nilai $R0$ sebesar 9,11%. Maka dari itu didapatkan bahwa untuk mengidentifikasi COVID-19 harus fokus pada pembatasan interaksi antar individu dan optimalisasi karantina [10].

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis produk yang dibuat, bahan baku yang dibutuhkan, lamanya waktu yang dibutuhkan untuk suatu proses produksi, target produksi, tenaga kerja yang diperlukan untuk menentukan jenis produk yang dibuat, kebutuhan bahan baku, waktu yang diperlukan untuk proses produksi, suatu target produksi, tenaga kerja yang diperlukan, keuntungan maksimum yang dicapai dan menganalisis perubahan produksi menggunakan 6 tipe penyelesaian *Sensitivity Analysis* seperti Analisis terhadap perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel nonbasis, perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel basis, perubahan pada ruas kanan pembatas, perubahan kolom variabel nonbasis, penambahan suatu aktivitas baru dan penambahan pembatas baru.

Strategi Matematis yang disebut *Linear Programming* digunakan untuk mendistribusikan sumber daya yang langka untuk memenuhi tujuan tertentu seperti memaksimalkan pendapatan dan menurunkan biaya. Semua elemen produksi, termasuk tenaga kerja, bahan mentah, mesin, uang, informasi, dan teknologi, termasuk dalam sumber daya terbatas industri atau perusahaan. Tujuan dari *Linear Programming* adalah untuk mengembangkan model yang dapat digunakan oleh pembuat keputusan untuk memandu pilihan mereka tentang cara mengalokasikan sumber daya di antara beberapa kemungkinan bagi perusahaan [11].

Linear programming memiliki elemen penting untuk mencapai fungsi tujuan, yaitu [11]:

1. *Decision Variables* (Variabel keputusan)

Variabel yang digunakan dalam pengambilan keputusan sering kali ditunjukkan dengan simbol berikut:

$$X_1, X_2, \dots, X_n \quad \dots(1)$$

2. *Objective Function* (Fungsi tujuan)

Fungsi yang dioptimalkan, yang dapat dimaksimalkan atau diminimumkan. Dinotasikan Z digunakan untuk mewakili fungsi tujuan berikut:

$$Z = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad \dots(2)$$

3. *Constraints* (Pembatasan)

Pembatasan-pembatasan berikut harus dipenuhi agar fungsi tujuan dapat dimaksimumkan:

$$g_i(X_1, X_2, \dots, X_n) \leq b_i \quad \dots(3)$$

Namun, jika minimalisasi adalah tujuannya, maka batasannya adalah:

$$g_i(X_1, X_2, \dots, X_n) \geq b_i \quad \dots(4)$$

Masalah berikut diekspresikan menggunakan penyelesaian *Linear Programming* sebagai berikut [12]:

Fungsi tujuan:

$$\text{Maksimumkan } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n \quad \dots(5)$$

Batasan-batasan:

$$1. a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + \dots + a_nX_n \leq b_1$$

$$2. a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + \dots + a_nX_n \leq b_2$$

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

$$m) a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + a_{m3}X_3 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m$$

dan

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots, X_n \geq 0 \quad \dots(6)$$

Metode Simplek Dua Fase (*Two-Phase Simplex*) untuk meningkatkan pencarian dengan asumsi bahwa kami mengetahui solusi layak dasar awal. Solusi yang memenuhi setidaknya sebagian dari kendala, variabel buatan ditambahkan secara sintetik memenuhi semua kendala lainnya, Fase 1 meminimalkan jumlah buatan, Fase 2 melanjutkan hasil Fase 1 untuk mengoptimalkan fungsi tujuan riil [13].

Analisis Sensitivitas (*Sensitivity Analysis*) bertujuan untuk dapat menunjukkan variasi dalam keluaran model dan mengetahui faktor-faktor yang memiliki dampak terbesar pada kemampuan model untuk menghasilkan hasil yang benar [14]. Analisis Sensitivitas dilakukan untuk membandingkan hasil kriteria penilaian dan menentukan alternatif mana yang akan digunakan [15].

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan berdasarkan dari data primer. Data yang diambil dari proses produksi dan waktu produksi. Data yang diambil adalah profil perusahaan, target produksi, harga keuntungan produk, kebutuhan bahan baku, persediaan bahan baku maksimum, dan waktu produksi. Berikut tahapan proses penelitian yang harus diselesaikan:

1. Pemberian Variabel Pada Produk

Berikut merupakan variabel yang akan digunakan:

X_1 = Lemari Pakaian 4 Pintu

X_2 = Kursi Makan Jati

X_3 = Meja Tamu Jati

X_4 = Tempat Tidur Jati

X_5 = Pembatas Ruangan Jati

X_6 = Kursi Santai Balebale Jati

2. Menentukan Fungsi Tujuan Penelitian

Penelitian ini untuk memaksimalkan keuntungan dengan fungsi tujuan berikut:

Ft Maksimasi:

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + C_4X_4 + C_5X_5 + C_6X_6$$

3. Menentukan Pembatas

Pembatas yang digunakan adalah bahan baku kayu jati (batang), waktu produksi dalam menit (proses pengukuran, proses pemotongan, proses perakitan), pengecatan peris (kg), tenaga kerja (orang).

4. Menentukan matematika untuk *Linear Programming* Fase 1 menggunakan maksimasi fungsi tujuan.
5. Menentukan matematika untuk *Linear Programming* Fase 2 menggunakan maksimasi fungsi tujuan.
6. Menentukan Solusi optimum *Linear Programming Two-Phase Simplex* menggunakan *Software POM-QM for Windows 4.0*.
7. *Sensitivity Analysis*
 - 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

Pada penelitian ini meubel jati memiliki keuntungan sebagai berikut:

Tabel 1. Data Keuntungan Produk Meubel Jati

Variabel	Keuntungan (Rp)
Lemari Pakaian 4 Pintu (X_1)	2.200.000
Kursi Makan Jati (X_2)	120.000
Meja Tamu Jati (X_3)	140.000
Tempat Tidur Jati (X_4)	1.600.000
Pembatas Ruangan Jati (X_5)	1.000.000
Kursi Santai Balebale Jati (X_6)	800.000

Model *Linear Programming* untuk mengoptimalkan produksi pada meubel jati adalah sebagai berikut:

Ft Maksimasi:

$$Z = 2.200.000X_1 + 120.000X_2 + 140.000X_3 + 1.600.000X_4 + 1.000.000X_5 + 800.000X_6$$

Bentuk Kanonik:

Ft Maksimasi:

$$Z = 2.200.000X_1 + 120.000X_2 + 140.000X_3 + 1.600.000X_4 + 1.000.000X_5 + 800.000X_6 + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3 + 0S_4 + 0S_6 + MR_5 - MR_6 - MR_7$$

Pembatas:

$$\begin{aligned} 20X_1 + 6X_2 + 6X_3 + 14X_4 + 10X_5 + 15X_6 + S_1 &= 420 \\ 25X_1 + 10X_2 + 8X_3 + 20X_4 + 12X_5 + 16X_6 + S_2 &= 11.952 \\ 30X_1 + 10X_2 + 12X_3 + 30X_4 + 16X_5 + 30X_6 + S_3 &= 11.952 \\ 50X_1 + 20X_2 + 20X_3 + 40X_4 + 30X_5 + 30X_6 + S_4 &= 11.952 \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + R_5 &= 5 \\ 2X_1 + 5X_2 + 5X_3 + 2X_4 + 2X_5 + 2X_6 - S_6 + R_6 &= 35 \\ 2X_1 + X_2 + X_3 + 2X_4 + 2X_5 + 2X_6 + R_7 &= 10 \\ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, S_1, S_2, S_3, S_4, S_6, R_5, R_6, R_7 &\geq 0 \end{aligned}$$

Dari persamaan diatas diperoleh:

$$\begin{aligned} R_5 &= 5 - X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 \\ R_6 &= 35 - 2X_1 + 5X_2 + 5X_3 + 2X_4 + 2X_5 + 2X_6 + S_6 \\ R_7 &= 10 - 2X_1 + X_2 + X_3 + 2X_4 + 2X_5 + 2X_6 \end{aligned}$$

Fase 1

Ft Minimasi:

$$\begin{aligned} r &= -R_5 - R_6 - R_7 \\ r &= -(5 - X_1 + 0,5X_2 + 0,5X_3 + X_4 + X_5 + X_6) - (35 - 2X_1 + 5X_2 + 5X_3 + 2X_4 + 2X_5 + 2X_6 - S_6) - (10 - 2X_1 + X_2 + X_3 + 2X_4 + 2X_5 + 2X_6) \\ r - 5X_1 + 6,5X_2 + 6,5X_3 + 5X_4 + 5X_5 + 5X_6 + S_6 &= -50 \\ r + 5X_1 + 7,5X_2 + 7,5X_3 + 5X_4 + 5X_5 + 5X_6 - S_6 &= 50 \end{aligned}$$

Pembatas:

$$\begin{aligned} 20X_1 + 6X_2 + 6X_3 + 14X_4 + 10X_5 + 15X_6 + S_1 &= 420 \\ 25X_1 + 10X_2 + 8X_3 + 20X_4 + 12X_5 + 16X_6 + S_2 &= 11.952 \\ 30X_1 + 10X_2 + 12X_3 + 30X_4 + 16X_5 + 30X_6 + S_3 &= 11.952 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 50X_1 + 20X_2 + 20X_3 + 40X_4 + 30X_5 + 30X_6 + S_4 &= 11.952 \\
 X_1 + \frac{1}{2}X_2 + \frac{1}{2}X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + R_5 &= 5 \\
 2X_1 + 5X_2 + 5X_3 + 2X_4 + 2X_5 + 2X_6 - S_6 + R_6 &= 35 \\
 2X_1 + X_2 + X_3 + 2X_4 + 2X_5 + 2X_6 + R_7 &= 10 \\
 X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, S_1, S_2, S_3, S_4, S_6, R_5, R_6, R_7 &\geq 0
 \end{aligned}$$

Gambar 1 Tahapan dari Iterasi 1 Untuk Fase 1 Software POM-QM

Cj	Basic Variables	2200000 X1	120000 X2	140000 X3	1600000 X4	1000000 X5	800000 X6	slack 1	slack 2	slack 3	slack 4	artfcl 5	artfcl 6	surplus 6	artfcl 7	Quantity
Iteration 3																
0	slack 1	0	0	0	-6.0	-10.0	-5.0	1	0	0	0	-22.0	1.0	-1.0	0	345.0
0	slack 2	0	0	-2	-5	-13	-9	0	1	0	0	-26.25	0.625	-0.625	0	11,842.625
0	slack 3	0	0	2	0	-14	0	0	0	1	0	-32.5	1.25	-1.25	0	11,833.25
0	slack 4	0	0	0	-10	-20	-20	0	0	0	1	-52.5	1.25	-1.25	0	11,733.25
0	X1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1.25	-0.125	0.125	0	1.875
0	X2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-0.5	0.25	-0.25	0	6.25
1	artfcl 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.0	0	0	1	0
	zj	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0	1	0
	cj-zj	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.0	-1.0	0	0	0

Gambar 1. Iterasi Pada Fase 1

Fase 2 dapat dicapai jika garis cj-zj pada Gambar 1 memiliki nilai dasar 0 atau kurang dari -1.

Fase 2

Ft Maksimasi:

$$Z = 4.875.000 + 20.000X_3 - 600.000X_4 - 1.200.000X_5 - 1.400.000X_6 - 245.000S_6$$

Pembatas:

$$\begin{aligned}
 -6X_4 - 10X_5 - 6X_6 + S_1 - S_6 &= 345 \\
 -2X_3 - 5X_4 - 13X_5 - 9X_6 + S_2 - 0,625S_6 &= \frac{94.741}{8} \\
 2X_3 - 14X_5 + S_3 - 1,25S_6 &= \frac{47.333}{4} \\
 -10X_4 - 20X_5 - 20X_6 + S_4 - 1.25S_6 &= \frac{46.933}{4} \\
 X_1 + X_4 + X_5 + X_6 + 0.125S_6 &= \frac{15}{8} \\
 X_2 + X_3 - 0.25S_6 &= \frac{25}{4}
 \end{aligned}$$

Gambar 2 Tahapan dari Iterasi 2 Untuk Fase 2 Software POM-QM

Cj	Basic Variables	2200000 X1	120000 X2	140000 X3	1600000 X4	1000000 X5	800000 X6	slack 1	slack 2	slack 3	slack 4	artfcl 5	artfcl 6	surplus 6	artfcl 7	Quantity
Iteration 5																
0	slack 1	0	0	0	-6.0	-10.0	-5.0	1	0	0	0	-22.0	1.0	-1.0	0	345.0
0	slack 2	0	2	0	-5	-13	-9	0	1	0	0	-27.25	1.125	-1.125	0	11,855.125
0	slack 3	0	-2	0	0	-14	0	0	0	1	0	-31.5	0.75	-0.75	0	11,820.75
0	slack 4	0	0	0	-10	-20	-20	0	0	0	1	-52.5	1.25	-1.25	0	11,733.25
2200000	X1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1.25	-0.125	0.125	0	1.875
140000	X3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-0.5	0.25	-0.25	0	6.25
0	artfcl 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.0	0	0	1	0
	zj	2200000	140000	140000	2200000	2200000	2200000	0	0	0	0	2680000	-240000	240000	0	0
	cj-zj	0	-20,000	0	-600,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 2. Iterasi Pada Fase 2

Kebutuhan dari sumber daya pembuatan produk meubel dalam waktu 1 bulan adalah kebutuhan bahan baku kayu jati sebanyak 75 batang, waktu pada proses pengukuran 96,86 menit, waktu proses pengukuran 131,25 menit, waktu proses perakitan 218,75 menit, kebutuhan pengecatan pernis 5 kg, target produksi 35 unit, dan tenaga kerja yang dibutuhkan 10 orang.

3.1. Analisis Sensitivitas

Ft Maksimasi:

$$Z = 2.200.000X_1 + 120.000X_2 + 140.000X_3 + 1.600.000X_4 + 1.000.000X_5 + 800.000X_6$$

Dari gambar 2 dapat di definisikan dalam bentuk BV dan NBV sebagai berikut:

$$BV = \{S_1, S_2, S_3, S_4, X_1, X_3\} \quad NBV = \{X_2, X_4, X_5, X_6, S_6, R_5\}$$

$$X_{BV} = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ X_1 \\ X_3 \end{bmatrix}; X_{NBV} = [X_2 \quad X_4 \quad X_5 \quad X_6 \quad S_6 \quad R_5]$$

$$B^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & -22 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1,125 & -27,25 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -0,75 & -31,5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1,25 & -52,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,125 & 1,25 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0,25 & -0,5 \end{bmatrix}$$

$$C_{BV}B^{-1} = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 2.200.000 \quad 140.000] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & -22 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1,125 & -27,25 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -0,75 & -31,5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1,25 & -52,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,125 & 1,25 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0,25 & -0,5 \end{bmatrix}$$

$$= [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 240.000 \quad 2.680.000]$$

3.1.1. Analisis Terhadap Perubahan Koefisien Fungsi Tujuan Variabel Nonbasis

1. Perubahan pada variabel nonbasis X_2 (Kursi Makan Jati). Koefisien dari fungsi tujuan X_2 adalah $c_2 = 120.000$ perubahan C_2 dari 120.000 menjadi $(120.000 + \Delta)$ dimana Δ penambahan keuntungan.

$$\hat{C}_2 = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 240.000 \quad 2.680.000] \begin{bmatrix} 4 \\ 6 \\ 10 \\ 20 \\ 0,5 \\ 5 \end{bmatrix} - (120.000 + \Delta)$$

$$= 13.520.000 - 120.000 - \Delta$$

$$= 13.400.000 - \Delta$$

Agar $\hat{C}_2 \geq 0$ dan BV tetap optimal, jika keuntungan Kursi Makan Jati (\hat{C}_2) sebesar Rp. 13.400.000 atau kurang, maka BV tetap optimal. Tetap jika naik atau turun lebih besar dari Rp. 13.400.000 maka solusi nonbasis tidak lagi optimal.

2. Perubahan pada variabel nonbasis X_4 (Tempat Tidur Jati). Koefisien dari fungsi tujuan X_4 adalah $c_4 = 1.600.000$ perubahan c_4 dari 1.600.000 menjadi $(1.600.000 + \Delta)$ dimana Δ penambahan keuntungan.

$$\hat{C}_4 = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 240.000 \quad 2.680.000] \begin{bmatrix} 14 \\ 20 \\ 30 \\ 40 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix} - (1.600.000 + \Delta)$$

$$= 5.600.000 - 1.600.000 - \Delta$$

$$= 4.000.000 - \Delta$$

Agar $\hat{C}_4 \geq 0$ dan BV tetap optimal, jika keuntungan Tempat Tidur Jati (\hat{C}_4) sebesar Rp. 4.000.000 atau kurang, maka BV tetap optimal. Tetap jika naik atau turun lebih besar dari Rp. 4.000.000 maka solusi non basis tidak lagi optimal.

3. Perubahan pada variabel nonbasis X_5 (Pembatas Ruang Jati). Koefisien dari fungsi tujuan X_5 adalah $c_5 = 1.000.000$ perubahan c_5 dari 1.000.000 menjadi $(1.000.000 + \Delta)$ dimana Δ penambahan keuntungan.

$$\hat{C}_5 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 240.000 \ 2.680.000] \begin{bmatrix} 10 \\ 12 \\ 16 \\ 30 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix} - (1.000.000 + \Delta)$$

$$= 5.600.000 - 1.000.000 - \Delta$$

$$= 4.600.000 - \Delta$$

Agar $\hat{C}_5 \geq 0$ dan BV tetap optimal, jika keuntungan Pembatas Ruang Jati (\hat{C}_5) sebesar Rp. 4.600.000 atau kurang, maka BV tetap optimal. Tetap jika naik atau turun lebih besar dari Rp. 4.600.000 maka solusi non basis tidak lagi optimal.

4. Perubahan pada variabel nonbasis X_6 (Kursi Santai Balebale Jati). Koefisien dari fungsi tujuan X_6 adalah $C_6 = 800.000$ perubahan c_6 dari 800.000 menjadi $(800.000 + \Delta)$ dimana Δ penambahan keuntungan..

$$\hat{C}_6 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 240.000 \ 2.680.000] \begin{bmatrix} 15 \\ 16 \\ 30 \\ 30 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix} - (800.000 + \Delta)$$

$$= 5.600.000 - 800.000 - \Delta$$

$$= 4.800.000 - \Delta$$

Agar $\hat{C}_6 \geq 0$ dan BV tetap optimal, jika keuntungan Kursi Santai Balebale Jati (\hat{C}_6) sebesar Rp. 4.800.000 atau kurang, maka BV tetap optimal. Tetap jika naik atau turun lebih besar dari Rp. 4.800.000 maka solusi non basis tidak lagi optimal.

3.1.2. Analisis Terhadap Perubahan Koefisien Fungsi Tujuan Variabel Basis

1. Perubahan keuntungan Lemari Pakaian Jati 4 Pintu (C_1) berubah dari 2.200.000 menjadi $(2.200.000 + \Delta)$. maka C_{BV} yang baru adalah $[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 2.200.000 + \Delta \ 0]$ dimana Δ penambahan keuntungan sehingga:

$$C_{BV}B^{-1} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 2.200.000 + \Delta \ 0] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & -22 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1,125 & -27,25 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -0,75 & -31,5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1,25 & -52,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,125 & 1,25 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0,25 & -0,5 \end{bmatrix}$$

$$= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 275.000 + \frac{1}{8}\Delta \ 2.750.000 + \frac{1}{8}\Delta]$$

Koefisien basis 0 menjadi:

$$\hat{C}_2 = C_{BV} B^{-1} a_2 - C_2 = 13.767.500 + \frac{11}{16} \Delta$$

$$\hat{C}_4 = C_{BV} B^{-1} a_4 - C_4 = 4.175.000 + \frac{3}{8} \Delta$$

$$\hat{C}_5 = C_{BV} B^{-1} a_5 - C_5 = 4.775.000 + \frac{3}{8} \Delta$$

$$\hat{C}_6 = C_{BV} B^{-1} a_6 - C_6 = 4.975.000 + \frac{3}{8} \Delta$$

$$\hat{C}_{s6} = C_{BV} B^{-1} a_{s6} - C_{s6} = -653.125 - \frac{1}{64} \Delta$$

$$\hat{C}_{R5} = C_{BV} B^{-1} a_{R5} - C_{R5} = -1.031.250 + \frac{3}{32} \Delta$$

Agar lemari pakaian jati 4 pintu (C_1) optimal jika solusi basis $-11.133.333 \leq \Delta \leq 11.000.000$. Sehingga keuntungan maksimal yang didapatkan dari perubahan produksi adalah Rp. 13.200.000.

2. Perubahan keuntungan Meja Tamu Jati (C_3) berubah dari 140.000 menjadi $(140.000 + \Delta)$. maka C_{BV} yang baru adalah $[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 140.000 + \Delta]$ dimana Δ penambahan keuntungan sehingga:

$$C_{BV}B^{-1} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 140.000 + \Delta] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & -22 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1,125 & -27,25 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -0,75 & -31,5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1,25 & -52,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,125 & 1,25 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0,25 & -0,5 \end{bmatrix}$$

$$= \left[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -35.000 - \frac{1}{4}\Delta \ -70.000 - \frac{1}{2}\Delta \right]$$

Koefisien basis 0 menjadi:

$$\hat{C}_2 = C_{BV} B^{-1} a_2 - C_2 = -487.000 - \frac{21}{8} \Delta$$

$$\hat{C}_4 = C_{BV} B^{-1} a_4 - C_4 = -1.775.000 - \frac{5}{4} \Delta$$

$$\hat{C}_5 = C_{BV} B^{-1} a_5 - C_5 = -1.175.000 - \frac{5}{4} \Delta$$

$$\hat{C}_6 = C_{BV} B^{-1} a_6 - C_6 = -975.000 - \frac{5}{4} \Delta$$

$$\hat{C}_{s6} = C_{BV} B^{-1} a_{s6} - C_{s6} = 13.125 + \frac{3}{32} \Delta$$

$$\hat{C}_{R5} = C_{BV} B^{-1} a_{R5} - C_{R5} = -8.750 - \frac{1}{16} \Delta$$

Agar Meja Makan Jati (C_3) optimal jika solusi basis $-140.000 \leq \Delta \leq 140.000$. Sehingga keuntungan maksimal yang didapatkan dari perubahan produksi adalah Rp. 280.000.

3.1.3. Analisis Terhadap Perubahan Ruas Kanan Pembatas

Pada proses pembuatan meubel jati, perusahaan membutuhkan penambahan pada target produksi Pembatas Ruangan Jati agar produksi menjadi lebih baik. b_5 merupakan (target produksi) dari 35 menjadi $(35 + \Delta)$ dimana Δ merupakan penambahan tenaga kerja, maka ruas kanan dapat dihitung sebagai berikut:

$$B^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & -22 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1,125 & -27,25 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -0,75 & -31,5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1,25 & -52,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,125 & 1,25 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0,25 & -0,5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 420 \\ 11.952 \\ 11.952 \\ 11.952 \\ 5 \\ 35 + \Delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -355 - 22 \Delta \\ 10.992,625 - 27,25 \Delta \\ 10.845,75 - 31,5 \Delta \\ 10.108,25 - 52,5 \Delta \\ 44,375 + 1,25 \Delta \\ -18,75 - 0,5 \Delta \end{bmatrix}$$

Solusi akan tetap optimal, jika $-16,2 \leq \Delta \leq 192,5$. Dengan demikian, b_5 (target produksi) tetap optimal sepanjang $(35 - 16,2) \leq \Delta \leq (192,5 + 35)$ atau $18,8 \leq b_5 \leq 227,5$. Maka jumlah maksimal yang dapat ditambahkan oleh perusahaan adalah 228 unit.

3.1.4. Analisis Terhadap Perubahan Kolom Variabel Nonbasis

1. Perubahan kolom pada X_2 (Kursi Makan Jati)

Penambahan pada kebutuhan kayu dari 4 batang menjadi 5 batang karena terjadinya kesalahan saat bekerja dan proses pemotongan dari 10 menit menjadi 15.

$$A_2 = \begin{bmatrix} 4 \\ 6 \\ 10 \\ 20 \\ \frac{1}{2} \\ 5 \end{bmatrix} \text{ Diubah menjadi } a_2 = \begin{bmatrix} 5 \\ 6 \\ 15 \\ 20 \\ \frac{1}{2} \\ 5 \end{bmatrix}$$

Maka: $C_2 = C_{BV} B^{-1} a_2 - C_2 = 1.680.000$. Karena $c_2 \geq 0$ maka solusi basis saat ini tetap optimal, sehingga perlu dilakukannya perubahan kolom nonbasis pada X_2 .

2. Penambahan pada X_4 (Tempat Tidur Jati)

Perubahan pada kebutuhan kayu dari 14 batang menjadi 15 batang karena terjadinya kesalahan saat bekerja dan proses pengukuran dari 20 menit menjadi 25.

$$A_4 = \begin{bmatrix} 14 \\ 20 \\ 30 \\ 40 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix} \text{ Diubah menjadi } a_4 = \begin{bmatrix} 15 \\ 25 \\ 30 \\ 40 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

Maka: $C_4 = C_{BV} B^{-1} a_4 - c_4 = 880.000$. Karena $c_4 \geq 0$ maka solusi basis saat ini tetap optimal, sehingga perlu dilakukannya perubahan kolom nonbasis pada X_4 .

3. Perubahan pada X_5 (Pembatas Ruang Jati)

Penambahan pada kebutuhan kayu dari 10 batang menjadi 11 batang karena terjadinya kesalahan saat bekerja dan proses pengukuran dari 12 menit menjadi 16.

$$A_5 = \begin{bmatrix} 10 \\ 12 \\ 16 \\ 30 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix} \text{ Diubah menjadi } a_5 = \begin{bmatrix} 11 \\ 16 \\ 16 \\ 30 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

Maka: $C_5 = C_{BV} B^{-1} a_5 - c_5 = 1.480.000$. Karena $c_5 \geq 0$ maka solusi basis saat ini tetap optimal, sehingga perlu dilakukannya perubahan kolom nonbasis pada X_5 .

4. Perubahan pada X_6 (Kursi Santai Balebale Jati)

Penambahan pada kebutuhan kayu dari 15 batang menjadi 16 batang dan proses pengukuran dari 16 menit menjadi 20.

$$A_6 = \begin{bmatrix} 15 \\ 16 \\ 30 \\ 30 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix} \text{ Diubah menjadi } a_6 = \begin{bmatrix} 16 \\ 20 \\ 30 \\ 30 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

Maka: $C_6 = C_{BV} B^{-1} a_6 - c_6 = 1.680.000$. Karena $c_6 \geq 0$ maka solusi basis saat ini tetap optimal, sehingga perlu dilakukannya perubahan kolom nonbasis pada X_6 .

3.1.5. Analisis Terhadap Perubahan Suatu Aktivitas Baru

Penambahan aktivitas baru pada produk ke-7 yaitu pada Mimbar Jati (X_7).

Ft Maksimasi:

$$Z = 2.200.000X_1 + 120.000X_2 + 140.000X_3 + 1.600.000X_4 + 1.000.000X_5 + 800.000X_6 + 2.000.000 X_7$$

$$\hat{C}_7 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 240.000 \ 2.680.000 \ 0] \begin{bmatrix} 18 \\ 20 \\ 40 \\ 60 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - 2.000.000 = 920.000$$

Karena $\hat{C}_7 \geq 0$ maka solusi basis ini akan tetap optimal. Sehingga produk C_7 tidak perlu ditambahkan karena akan menambah ongkos yang dikeluarkan sebesar Rp. 920.000 tanpa memperoleh keuntungan.

3.1.6. Analisis Terhadap Perubahan Pembatas Baru

Penambahan pembatas yang baru adalah pada proses *Finishing*.

Ft Maksimasi:

$$Z = 2.200.000X_1 + 120.000X_2 + 140.000X_3 + 1.600.000X_4 + 1.000.000X_5 + 800.000X_6$$

Gambar 3 Hasil dari *Sensitivity Analysis* pada penambahan suatu pembatas baru menggunakan *Software POM-QM 4.0*.

Variable	Status	Value
Lemari Pajangan Jati 4 Pintu	Basic	1,875
Kursi Makan Jati	NONBasic	0
Meja Makan Jati	Basic	6,25
Tempat Tidur Jati	NONBasic	0
Pembatas Ruang Jati	NONBasic	0
Kursi Santai Balebale Jati	NONBasic	0
slack 1	Basic	345
slack 2	Basic	11855,13
slack 3	Basic	11820,75
slack 4	Basic	11733,25
slack 5	Basic	11714,5
artfcl 6	NONBasic	0
surplus 7	NONBasic	0
artfcl 8	Basic	0
Optimal Value (Z)		5000000

Gambar 3. Solution List Penambahan Pembatas Baru

Jadi, dari gambar 3 dapat dilihat bahwa penambahan suatu pembatas baru pada proses *finishing* tidak akan mengubah keuntungan dan solusi optimal awal, maka dari itu pembatas baru tidak perlu untuk dilakukan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat dikatakan keuntungan maksimum yang diperoleh dari memproduksi mebel adalah Rp. 5.000.000, dari pembuatan produk meuble dalam waktu 1 bulan yang menggunakan kebutuhan kayu jati sebanyak 75 batang. Untuk waktu yang digunakan pada proses pengukuran 96,86 menit, waktu pengukuran 131,25 menit, waktu perakitan 218,75 menit, kebutuhan pengecatan pernis 5 kg, target produksi yang dihasilkan sebanyak 35 unit, dan jumlah tenaga kerja 10 orang.

Berdasarkan dari *Sensitivity Analysis* terhadap perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel nonbasis solusi akan tetap optimal jika Rp. 13.400.000 untuk kursi makan jati, Rp. 4.000.000 untuk tempat tidur jati, Rp. 4.600.000 untuk pembatas ruang jati, dan Rp. 4.800.000 untuk kursi santai balebale. Dari perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel basis solusi akan tetap optimal jika keuntungan yang didapat Rp. 13.200.000 untuk lemari pakaian 4 pintu dan Rp. 280.000 untuk meja makan jati.

Perubahan pada ruas kanan yang memberikan solusi optimum pada target produksi sebanyak 228 unit. Perubahan kolom variabel nonbasis dapat memberikan solusi optimal pada setiap perubahan yang ditambahkan. Penambahan suatu aktivitas baru tidak perlu dilakukan karena akan menambah ongkos yang dikeluarkan Rp. 920.000 tanpa memperoleh keuntungan. Penambahan pembatas baru pada bagian *finishing* tidak berpengaruh pada solusi optimal awal.

Referensi

- [1] Zyen AK, Mulyo H, Wahono BB, Wahid N. Optimasi Perkiraan Bahan Baku Mebel Menggunakan Algoritma Genetika Di UD. Meubel Jati. J Tek Inform. 2022;1(2):24–7.
- [2] Nurwijayanto PR, Qurrata VA, Supanto F, Dermawan MM. Peningkatan Ekspor UMKM Mebel Kayu Jati Pasuruan melalui Integrasi Instagram Bisnis. J Karinov. 2023;6(2):78–82.
- [3] Nurmawati L, Sudrajat A. Implementasi Linear Programming Metode Simpleks pada Home Industry. J Manaj. 2021;13(3):431–8.
- [4] Susanti V. Optimalisasi Produksi Tahu Menggunakan Program Linear Metode Simpleks. MATHunesa J Ilm Mat. 2021;9(2):399–406.
- [5] Subiyanto AF, Aurachman R, I MD. Optimization In Develop The LTE Site Planning Jabodetabek Region Using Linear Programming Method In Pycharm And POM-QM Software, Case Study PT. XYZ. Int J Sci Eng Inf Technol. 2018;02(02):60–4.
- [6] Firmansah F, Yuwono MR, Munif FA. Application of integer linear program in optimizing convection sector production results using branch and bound method. Int J Appl Math Sci Technol Natl Def. 2023;1(1):13–20.
- [7] Susanto L. Effort to Maximize Profit and Optimize Both Time and Business Capital Resources Through The Determination of Many Small, Medium and Large Packing Units In The “ENY” Tempe Chips Home Industry. Int J Soc Serv Res. 2021;1(3):242–50.
- [8] Dhand S, Singla A. Sensitivity analysis and optimal production scheduling as a dual phase simplex model. Indian J Sci Technol. 2016;9(39):1–6.
- [9] Kaczmarek K, Dymova L, Sevastjanov P. A two phase method for solving the distribution problem in a fuzzy setting. Entropy. 2019;21(1214):1–20.
- [10] Resmawan, Yahya L. Sensitivity Analysis of Mathematical Model of Coronavirus Disease (COVID-

- 19) Transmission. CAUCHY J Mat Murni dan Apl. 2020;6(2):91–9.
- [11] Rusdiana A, Istiono D. Penerapan Metode Simplek Dalam Upaya Memaksimalkan Pendapatan. J Ekon dan Bisnis. 2023;26(01):273–84.
- [12] Susdarwono ET. Pemrograman Linier Permasalahan Ekonomi Pertahanan: Metode Grafik Dan Metode Simpleks. Teorema Teor dan Ris Mat. 2020;5(1):89–104.
- [13] Rardin RL. Optimization In Operations Research. Horton, Ma. Stark H, editor. Vol. 6, Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar. Library of Congress Cataloging-Person; 2015. 1187 hal.
- [14] Fachri B, Windarto AP, Parinduri I. Penerapan Backpropagation dan Analisis Sensitivitas pada Prediksi Indikator Terpenting Perusahaan Listrik. J Edukasi dan Penelit Inform. 2019;5(2):202–8.
- [15] Wiguna IKGAG, Semadi NK, Sudipa IGI, Septiawan IKJ. Analisis Sensitivitas Prioritas Kriteria Pada Metode Analytical Hierarchy Process (Kasus Penentuan Pemberian Kredit). J Sains Komput Inform (J-SAKTI. 2022;6(1):1–11.