Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI) 16
Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Pekanbaru, 23 Oktober 2024
ISSN (Printed) : 2579-7271
ISSN (Online) : 2579-5406

Optimalisasi Biaya Produksi *Furniture* Granit Menggunakan Metode Simpleks Teknik Dua Fase dan Analisis Sensitivitas

Vera Devani[1], Ainul Fitri*[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: [1]veradevani@gmail.com, [2]ainulfitri912@gmail.com

Abstrak

Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) ini memproduksi berbagai jenis *furniture* berbahan granit dengan perpaduan besi, antara lain produk meja konsul, rak bunga, meja tingkat susun, sangkar sudut, nakas, meja Tv dan meja taman. Penelitian ini menggunakan Metode Simpleks Teknik Dua Fase dan Analisis Sensitivitas untuk menentukan modal minimum, jumlah dan jenis produk yang akan di produksi serta untuk mengetahui nilai sensitivitas terhadap solusi yang dicapai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, UMKM ini dapat memproduksi 14 unit produk sangkar sudut dengan modal optimal dalam sebulan sebesar Rp 5.580.000 yang membutuhkan 84 batang besi, proses produksi memerlukan waktu 336 menit pemotonngan, 210 menit pembengkokan, 4.760 menit perakitan, 112 menit pengamplasan dan target produksi keseluruhan sebanyak 28 unit. Apabila dilakukan penambahan produk dengan memproduksi meja sofa akan menambah keuntungan sebesar Rp 74.200.

Kata kunci: *Analisis Sensitivitas, Linier Programming, Metode Simpleks, Teknik Dua Fase*

Abstract

This Micro, Small and Medium Enterprises (MSME) produces various types of furniture made from granite with a combination of iron, including consul table products, flower shelves, stacking level tables, corner cages, nightstands, tv tables and garden tables. This research uses the Simplex Method of Two-Phase Technique and Sensitivity Analysis to determine the minimum capital, number and type of products to be produced and to determine the sensitivity value of the solution achieved. The results showed that, the company can produce 14 units of corner cage products with optimal capital in a month of Rp 5,580,000 which requires 84 iron bars, the production process takes 336 minutes of cutting, 210 minutes of bending, 4,760 minutes of assembly, 112 minutes of sanding and an overall production target of 28 units. If an additional product is made by producing a sofa table, it will increase profits by IDR 74,200.

Keywords: *Linier Programming, Sensitivity Analysis, Simplex Method, Two Phase Technique*

1. Pendahuluan

Perekonomian Indonesia diperkuat melalui kehadiran UMKM, yang memainkan peran penting dalam perluasan lapangan pekerjaan dan mengurangi kesenjangan sosial di masyarakat. Inovasi terus dilakukan untuk mendorong UMKM mengembangkan usahanya yang dapat membawa perekonomian lebih baik.UMKM akan lebih berkembang ketika memiliki analisa usaha yang baik untuk melakukan pengembangan, salah satu usaha yang sedang banyak diminati oleh kalangan minimalis adalah produk *furnitur* granit.

Furniture granit adalah prabot rumah tangga yang memiliki daya tahan kuat, serta nilai estetika yang dihasilkan melalui desain inovatif. Dengan sifat tahan terhadap jamur dan bakteri sehingga produk berbahan granit baik untuk kesehatan serta memiliki kemudahan dalam perawatannya. Industri *furniture granit* berpotensi besar untuk dikembangkan, sebagai upaya untuk mengoptimalkan usaha diperlukan perencanaan produksi yang memperhitungkan sumber daya produksi secara optimal.

Pesatnya perkembangan industri memicu banyaknya penelitian yang mengangkat isu pengoptimalan produksi dengan Metode Simpleks, penelitian terdahulu pada industri *furniture* PT. Mebel Gandul yang bertujuan mendapatkan perencanaan produksi dalam memaksimumkan laba. Hasil dari *Linear Programming* Metode Simpleks menggunakan 4 kendala dan 4 variabel diperoleh hasil bahwa PT. Mebel Gandul harus memproduksi 3 unit produk pintu, 3 unit kursi, 2 unit almari dan 2 unit meja untuk mencapai laba maksimum Rp 66.700.000 perbulannya [1]. Penelitian serupa dilakukan pada *home industry* Nanda Jaya yang bertujuan menentukan jumlah

ISSN (Printed) : 2579-7271
ISSN (Online) : 2579-5406

produksi tiap unit kripik untuk memaksimumkan keuntungan dengan menggunakan 3 kendala dan 3 pembatas. Hasil menunjukkan keuntungan optimal sebesar Rp 285.387 dengan memproduksi kripik pisang 74 bungkus dan kripik singkong 161 bungkus [2].

Penelitian terdahulu di PT. Usaha Angga Parabot menggunakan Metode Simpleks untuk menentukan laba maksimal perusahaan dengan data 2 kendala dan 3 variabel. Hasil menunjukkan bahwa produksi optimal 1.099,636 unit tempat tidur dengan laba maksimal sebesar Rp 494.836.200 [3]. Pengoptimalan penjualan lainnya di usaha Noken, berupa usaha kerajinan tas kulit kayu tradisional Papua, penelitian menggunakan metode Simpleks *Linear Programming* dengan 3 kendala dan 4 variabel. Hasil penelitian menunjukkan laba maksimal yang diperoleh penjualan Noken sebanyak Rp 300.000 setiap minggunya dengan memproduksi tas Noken kecil sebanyak 2 unit [4].

Metode Simpleks Teknik Dua Fase digunakan dalam penelitian studi kasus PT. Laju Perdana untuk meminimumkan biaya produksi gula dengan 5 kendala dan 3 variabel yang memperoleh hasil, bahwa perusahaan harus meminimumkan kuantitas bahan baku dari penyimpanan sebesar Rp 76.923.000 dengan biaya penyimpanan Rp 34.667.000 agar biaya produksi lebih optimal [5]. Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan, metode Simpleks pada permasalahan *Linear Programming* mampu memberikan solusi optimal dalam pengambilan keputusan untuk keberlanjutan usaha.

Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan, UMKM ini belum memiliki perencanaan produksi. Bahan baku yang tersedia 160 batang besi, sedangkan kebutuhan bahan baku besi selama sebulan kurang dari 90 batang. Sehingga bahan baku yang tidak digunakan 70 batang (77%).

Dalam upaya mengatasi bahan baku yang sering berlebih dengan kondisi gudang menjadi *overstock* dan belum adanya perencanaan produksi optimal, penelitian ini berfokus untuk pengambilan keputusan dalam merencanakan produksi *furniture granit*. Penelitian ini menggunakan Metode Simpleks Linear Programming berdasarkan 6 variabel dan 6 kendala, serta Analisa Sensitivitas. Hasil penelitian digunakan untuk mengetahui jenis produk yang harus diproduksi dengan jumlah optimal, bahan baku yang dibutuhkan, waktu yang diperlukan, target produksi, dan biaya minimum yang dibutuhkan serta nilai sensitivitas yang menjadi pertimbangan perencanaan strategi usaha selanjutnya.

Optimalisasi diartikan sebagai suatu pengoptimalan proses, cara, yaitu menjadikan paling baik, menjadikan paling tinggi [6]. Optimalisasi ialah proses meningkatkan efisiensi untuk mencapai hasil terbaik. Dalam strategi produksi, optimalisasi berarti mengidentifikasi dan menerapkan metode paling efisien untuk mencapai output maksimal dengan biaya minimal [7]. Optimalisasi dapat disimpulkan sebagai upaya memaksimalkan output dan kualitas, meminimalkan biaya dan pemborosan.

Linear Programming memecahkan masalah alokasi sumber daya dengan tujuan optimasi. Metode ini diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti ekonomi dan industri, membantu perusahaan mengkombinasikan variasi produk berdasarkan keterbatasan sumber daya untuk produksi optimal dan keuntungan maksimal [8]. *Linear Programming* adalah metode dalam mencapai solusi optimal berdasarkan fungsi tujuan linear dengan mengelola sumber daya terbatas suatu perusahaan [9]. Maka *Linear Programming* mampu menentukan cara terbaik menggunakan sumber daya terbatas suatu perusahaan, seperti waktu dan bahan baku, agar mencapai tujuan seperti memaksimalkan keuntungan atau mengurangi biaya. *Linear Programming* memiliki model matematika sebagai berikut [10]:

Fungsi tujuan (Maksimasi atau minimasi):

$$z_{min} = c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 \ldots\ldots + c_n x_n \tag{1}$$

Kendala (*constraints*):

$$a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + a_{m3} x_3 \ldots. + a_{mn} x_n \geq b_m \tag{2}$$

$$a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + a_{m3} x_3 \ldots. + a_{mn} x_n = b_m \tag{3}$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \ldots. , x_n \geq 0 \tag{4}$$

Dimana:

c = koefisien fungsi tujuan
x = variabel keputusan
a = koefisien fungsi kendala
b = jumlah untuk fungsi kendala
n = sumber yang tersedia untuk jenis kegiatan
m = sumber yang tersedia untuk jenis batasan

ISSN (Printed) : 2579-7271
ISSN (Online) : 2579-5406

Istilah-istilah dalam menyelesaikan permasalahan *Linear Programming* [11]:

1. Fungsi tujuan (*objective function*)
   Ialah fungsi dengana tujuan yang akan dioptimasi untuk laba maksimum atau diminimumkan biaya dalam produksi.
2. Variabel keputusan (*decision variables*)
   Ialah penguraian keputusan-keputusan yang diambil, yaitu $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$
3. Kendala (*constraints*)
   Ialah kendala yang harus dipenuhi untuk mencapai tujuan.
4. Tanda Pembatas
   Ialah tanda yang memperjelas variabel keputusan, apakah bernilai positif, non negatif ataupun negatif.

Metode Simpleks ialah metode yang digunakan dalam pemecahan masalah *Linear Programming* untuk mendapatkan hasil nilai optimal. Metode ini mampu menghitung variabel keputusan dengan jumlah lebih dari dua variabel, tidak seperti metode lainnya [12]. Metode Simpleks dengan Teknik Dua Fase digunakan untuk mengoptimalisasi suatu masalah dalam *Linear Programming* yang melibatkan dua tahap yaitu fase satu mencari solusi fisibel dengan mengganti fungsi tujuan awal. Jika fungsi tujuan awal maksimasi (fase 1) maka pada fase 2 berubah menjadi minimasi. Jika fungsi tujuan awal minimasi (fase 1) maka pada fase 2 berubah menjadi minimasi.

Analisis sensitivitas digunakan untuk melihat pengaruh terhadap perubahan solusi optimal yang terjadi pada parameter fungsi tujuan maupun kendala. Analisis Sensitivitas juga berguna untuk memeriksa apakah perubahan parameter dapat mempengaruhi hasil optimal sehingga pengambilan keputusan dapat didasari dari alokasi sumber daya dengan lebih efektif.

2. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan data dari proses produksi yaitu kebutuhan dan persediaan bahan baku, harga modal produk, target produksi, dan waktu yang dibutuhkan dalam setiap produksi. Pengolahan data dilakukan dengan cara berikut:

1. Memilih variabel
   x_1 = meja konsul
   x_2 = rak pot bunga
   x_3 = meja set tingkat
   x_4 = sangkar sudut
   x_5 = nakas
   x_6 = meja Tv
2. Menetapkan fungsi tujuan
   Ft Minimasi:
   $z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4 + c_5x_5 + c_6x_6$
   Dimana c_n = koefisien modal setiap produk
3. Menentukan fungsi kendala
   Menggunakan kendala berupa bahan besi, proses pengukuran dan pemotongan, proses pembengkokan, proses perakitan, proses pengamplasan, dan target dalam memproduksi satu bulan
4. Menentukan pemodelan matematika untuk fungsi tujuan minimasi pada fase 1
5. Menentukan pemodelan matematika untuk fungsi tujuan minimasi pada fase 2
6. Menggunakan perangkat lunak POM-QM *for Windows Version* 5 dalam menetukan penyelesaian optimum *Linear Programming* Teknik Dua Fase
7. Menganalisa dengan enam Analisis Sensitivas
   a. Perubahan koefisien fungsi tujuan pada variabel nonbasis
   b. Perubahan koefisien fungsi tujuan pada variabel basis
   c. Perubahan ruas kanan pada pembatas
   d. Perubahan kolom pada variabel nonbasis
   e. Penambahan pada suatu variabel atau aktivitas baru
      Penambahan suatu aktivitas baru produk ke tujuh yaitu meja sofa tamu.
   f. Penambahan pada suatu kendala baru
      Penambahan kendala baru berupa waktu proses *finishing* setiap produk.

ISSN (Printed) : 2579-7271
ISSN (Online) : 2579-5406

3. Hasil dan Analisa

Mengoptimalkan produk granit dengan Model *Linear Programming* berikut:

Ft Minimasi

$$z = 400.000x_1 + 300.000x_2 + 600.000x_3 + 420.000x_4 + 260.000x_5 + 800.000x_6$$

Kendala:

$$4x_1 + 2x_2 + 4x_3 + 6x_4 + 2x_5 + 4x_6 = 84$$
$$20x_1 + 15x_2 + 24x_3 + 24x_4 + 20x_5 + 24x_6 \leq 9.240$$
$$10x_2 + 12x_3 + 15x_4 + 8x_5 + 20x_6 \leq 9.240$$
$$320x_1 + 300x_2 + 420x_3 + 340x_4 + 260x_5 + 400x_6 \leq 9.240$$
$$8x_1 + 6x_2 + 8x_3 + 8x_4 + 4x_5 + 6x_6 \leq 9.240$$
$$4x_1 + 8x_2 + 4x_3 + 2x_4 + 8x_5 + 2x_6 = 28$$
$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 \geq 0$$

Bentuk Kanonik:

Ft Minimasi

$$z = 400.000x_1 + 300.000x_2 + 600.000x_3 + 420.000x_4 + 260.000x_5 + 800.000x_6 + 0S_2 + 0S_3 + 0S_4 + 0S_5 + MR_1 + MR_6$$

Kendala:

$$4x_1 + 2x_2 + 4x_3 + 6x_4 + 2x_5 + 4x_6 + R_1 = 84$$
$$20x_1 + 15x_2 + 24x_3 + 24x_4 + 20x_5 + 24x_6 + S_2 = 9.240$$
$$10x_2 + 12x_3 + 15x_4 + 8x_5 + 20x_6 + S_3 = 9.240$$
$$320x_1 + 300x_2 + 420x_3 + 340x_4 + 260x_5 + 400x_6 + S_4 = 9.240$$
$$8x_1 + 6x_2 + 8x_3 + 8x_4 + 4x_5 + 6x_6 + S_5 = 9.240$$
$$4x_1 + 8x_2 + 4x_3 + 2x_4 + 8x_5 + 2x_6 + R_6 = 28$$
$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, S_2, S_3, S_4, S_5, R_1, R_6 \geq 0$$

hasil dari persamaan tersebut diperoleh:

$$R_1 = 84 - 4x_1 - 2x_2 - 4x_3 - 6x_4 - 2x_5 - 4x_6$$
$$R_6 = 28 - 4x_1 - 8x_2 - 4x_3 - 2x_4 - 8x_5 - 2x_6$$

Fase 1

Ft Minimasi:

$$r = R_1 + R_6$$

$$r = 84 - 4x_1 - 2x_2 - 4x_3 - 6x_4 - 2x_5 - 4x_6 + 28 - 4x_1 - 8x_2 - 4x_3 - 2x_4 - 8x_5 - 2x_6 r + 4x_1 + 4x_1 + 2x_2 + 8x_2 + 4x_3 + 4x_3 + 6x_4 + 2x_4 + 2x_5 + 8x_5 + 4x_6 + 2x_6 + 84 + 28r + 8x_1 + 10x_2 + 8x_3 + 8x_4 + 10x_5 + 6x_6 = 112$$

Kendala:

$$4x_1 + 2x_2 + 4x_3 + 6x_4 + 2x_5 + 4x_6 + R_1 = 84$$
$$20x_1 + 15x_2 + 24x_3 + 24x_4 + 20x_5 + 24x_6 + S_2 = 9.240$$
$$10x_2 + 12x_3 + 15x_4 + 8x_5 + 20x_6 + S_3 = 9.240$$
$$320x_1 + 300x_2 + 420x_3 + 340x_4 + 260x_5 + 400x_6 + S_4 = 9.240$$
$$8x_1 + 6x_2 + 8x_3 + 8x_4 + 4x_5 + 6x_6 + S_5 = 9.240$$
$$4x_1 + 8x_2 + 4x_3 + 2x_4 + 8x_5 + 2x_6 + R_6 = 28$$
$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, S_2, S_3, S_4, S_5, R_1, R_6 \geq 0$$

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Iteration 3														
0	Sangkar S...	14	0.5455	0	0,5455	1	0	0.6364	0.1818	0	0	0	0	-0.0455
0	slack 2	8.904	1.4545	0	5,4545	0	5	7.3636	-3.6818	1	0	0	0	-0.9545
0	slack 3	9.030	-11.8182	0	0,1818	0	-2	9.5455	-2.2727	0	1	0	0	-0.6818
0	slack 4	4.480	25.4545	0	125,4545	0	-40	158.3636	-48.1818	0	0	1	0	-25.4545
0	slack 5	9.128	1.4545	0	1,4545	0	-2	0.3636	-1.1818	0	0	0	1	-0.4545
0	Rak Pot Bu...	0	0.3636	1	0,3636	0	1	0.0909	-0.0455	0	0	0	0	0.1364
	zj	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
	cj-zj		0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	-1

Gambar 1 Iterasi Optimum Fase 1

ISSN (Printed) : 2579-7271
ISSN (Online) : 2579-5406

Gambar 1 menunjukkan iterasi optimal fase 1. Gambar 1 pada baris cj-zj memiliki basis nilai 0 atau -1, selanjutnya nilai r tidak dimasukkan lagi dan pengolahan data lanjut ke fase 2.

Fase 2

Ft Minimasi:

$$z = 400.000x_1 + 300.000\left(0 - \frac{909}{2.500}x_1 - \frac{909}{2.500}x_3 - x_5 - \frac{909}{10.000}x_6\right) + 600.000x_3 + 420.000\left(14 - \frac{1.091}{2.000}x_1 - \frac{1.091}{2.000}x_3 - \frac{1.591}{2.500}x_6\right) + 260.000x_5 + 800.000x_6 = 5.880.000$$

Kendala:

$$\frac{1.091}{2.000}x_1 + \frac{1.091}{2.000}x_3 + x_4 - \frac{1.591}{2.500}x_6 = 14$$
$$\frac{2.909}{2.000}x_1 + \frac{10.909}{2.000}x_3 - 5x_5 - \frac{18.409}{2.500}x_6 + S_2 = 8.904$$
$$\frac{-59.091}{5.000}x_1 + \frac{909}{5.000}x_3 - 2x_5 - \frac{19.091}{2.000}x_6 + S_3 = 9.030$$
$$\frac{50.909}{5.000}x_1 + \frac{250.909}{2.000}x_3 - 40x_5 - \frac{390.909}{2.000}x_6 + S_4 = 4.480$$
$$\frac{2.909}{2.000}x_1 - \frac{2.909}{2.000}x_3 - 2x_5 + \frac{909}{2.500}x_6 + S_5 = 9.128$$
$$\frac{909}{2.500}x_1 + x_2 + \frac{909}{2.500}x_5 + \frac{909}{10.000}x_6 = 0$$

Gambar 2 menunjukkan iterasi optimal fase 2

Cj	Basic Variables	Quantity	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Iteration 5														
420000	Sangkar S...	14	0,5455	0	0,5455	1	0	0,6364	0,1818	0	0	0	0	-0,5455
0	slack 2	8.904	-0,3636	-5	3,6364	0	0	6,9091	-3,4545	1	0	0	0	-1,6364
0	slack 3	9.030	-11,0909	2	0,9091	0	0	9,7273	-2,3636	0	1	0	0	-0,4091
0	slack 4	4.480	40,0	40	140	0	0	160	-50	0	0	1	0	-20
0	slack 5	9.128	2,1818	2	2,1818	0	0	0,5455	-1,2727	0	0	0	1	-0,1818
260000	Nakas (X5)	0	0,3636	1	0,3636	0	1	0,0909	-0,0455	0	0	0	0	0,1364
	zj	5.880.000	476363,6	340000	876363,6	420000	260000	1309091,0	-64545,45	0	0	0	0	-16363,64
	cj-zj		-76.363,6...	-40.000	-276.363,...	0	0	-509.090,...	64.545,4545	0	0	0	0	16.363,6364

Gambar 2. Iterasi Optimal Fase 2

Gambar 3 menunjukkan output solution QM Version 5:

(untitled) Solution

Variable	Status	Value
Meja Konsul (X1)	NONBasic	0
Rak Pot Bunga (X2)	NONBasic	0
Meja Set Tingkat (X3)	NONBasic	0
Sangkar Sudut (X4)	Basic	14
Nakas(X5)	Basic	0
Meja TV Minimalis (X6)	NONBasic	0
artfcl 1	NONBasic	0
slack 2	Basic	8904
slack 3	Basic	9030
slack 4	Basic	4480
slack 5	Basic	9128
artfcl 6	NONBasic	0
Optimal Value (Z)		5880000

Gambar 3. *Solution List*

Berdasarkan Gambar 3 sumber daya yang tersedia dalam 1 bulan untuk proses produksi membutuhkan besi 84 batang, waktu pengukuran dan pemotongan 336 menit, waktu pembengkokan 210 menit, waktu perakitan 4.750 menit, waktu pengamplasan 112 menit dengan target memproduksi sebanyak 28 unit.

ISSN (Printed) : 2579-7271
ISSN (Online) : 2579-5406

3.1. Analisis Sensitivitas

Ft Minimasi:

$z = 400.000x_1 + 300.000x_2 + 600.000x_3 + 420.000x_4 + 260.000x_5 + 800.000x_6$

Berdasarkan dari Gambar 2 maka data yang diperoleh menjadi :

BV = $\{x_4, S_2, S_3, S_4, S_5, x_5\}$, NBV = $\{x_1, x_2, x_3, x_6, R_1, R_6\}$

$$x_{BV} = \begin{bmatrix} x_4 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \\ x_5 \end{bmatrix} \qquad x_{NBV} = [x_1, x_2, x_3, x_6, R_1, R_6]$$

$$C_{BV}B^{-1} = [420.000 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 260.000] \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}18 & -0{,}05 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -3{,}45 & -1{,}64 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -2{,}36 & -0{,}41 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -50 & -20 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1{,}27 & -0{,}18 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0{,}05 & 0{,}14 \end{bmatrix}$$

$$C_{BV}B^{-1} = [\ 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 62.600 \quad 15.400\ ]$$

3.1.1. Analisis Perubahan Koefisien Fungsi Tujuan Variabel Nonbasis

1. Variabel non basis x_1 (meja konsul)
   Koefisien pada fungsi tujuan x_1 adalah c_1 = 400.000 menjadi (400.000 - Δ).
   $$\hat{c}_1 = [\ 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 62.600 \quad 15.400\ ] \begin{bmatrix} 4 \\ 20 \\ 0 \\ 320 \\ 8 \\ 4 \end{bmatrix} - (400.000 - \Delta) = 162.400 + \Delta$$
   Agar $\hat{c}_1 \geq 0$ dan basis variabel tetap optimal, maka $\Delta \geq -162.400$, dan perolehan minimum ongkos produksi sebesar Rp 562.400.
2. Variabel non basis x_2 (rak pot bunga)
   Koefisien pada fungsi tujuan x_2 adalah c_2 = 300.000 menjadi (300.000 - Δ).
   $$\hat{c}_2 = [\ 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 62.600 \quad 15.400\ ] \begin{bmatrix} 4 \\ 20 \\ 0 \\ 320 \\ 8 \\ 4 \end{bmatrix} - (300.000 - \Delta) = 198.800 + \Delta$$
   Agar $\hat{c}_2 \geq 0$ dan basis variabel tetap optimal, maka $\Delta \geq -198.800$, dan perolehan minimum ongkos produksi sebesar Rp 498.800.
3. Variabel non basis x_3 (meja set tingkat)
   Koefisien pada fungsi tujuan x_3 adalah c_3 = 600.000 menjadi (600.000 - Δ).
   $$\hat{c}_3 = [\ 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 62.600 \quad 15.400\ ] \begin{bmatrix} 4 \\ 24 \\ 12 \\ 420 \\ 8 \\ 4 \end{bmatrix} - (600.000 - \Delta) = -37.600 + \Delta$$
   Agar $\hat{c}_3 \geq 0$ dan basis variabel tetap optimal, maka $\Delta \geq 37.600$, dan perolehan minimum ongkos produksi sebesar Rp 562.400.
4. Variabel non basis x_6 (meja Tv)
   Koefisien pada fungsi tujuan x_6 adalah c_6 = 300.000 menjadi (300.000 - Δ).
   $$\hat{c}_6 = [\ 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 62.600 \quad 15.400\ ] \begin{bmatrix} 4 \\ 24 \\ 20 \\ 400 \\ 6 \\ 2 \end{bmatrix} - (800.000 - \Delta) = -393.600 - \Delta$$

Agar $\hat{c}_6 \geq 0$ dan basis variabel tetap optimal, maka $\Delta \geq 393.600$, dan perolehan minimum ongkos produksi sebesar Rp 406.400.

3.1.2 Analisis Perubahan Koefisien Fungsi Tujuan untuk Variabel Basis

1. Variabel basis c_4 (sangkar sudut)

Ongkos produksi sangkar sudut (c_4) dari 420.000 menjadi (420.000 - Δ), C_{BV} yang baru adalah [420.000 - Δ 0 0 0 0 260.000] maka:

$$C_{BV}B^{-1} = [420.000 - \Delta \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 260.000] \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0,18 & -0,05 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -3,45 & -1,64 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -2,36 & -0,41 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -50 & -20 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1,27 & -0,18 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0,05 & 0,14 \end{bmatrix}$$

$= [\ 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 62.600 - 0,18\ \Delta \quad 15.400 + 0,05\ \Delta]$

Koefisien pada baris 0 menjadi:

a. $\hat{c}_1 = C_{BV}B^{-1}\ a_1 - c_1 = 162.400 - 1,24\ \Delta$ atau $\Delta \leq 130.967$
b. $\hat{c}_2 = C_{BV}B^{-1}\ a_2 - c_2 = 198.800 - 0,68\ \Delta$ atau $\Delta \leq 292.352$
c. $\hat{c}_3 = C_{BV}B^{-1}\ a_3 - c_3 = -37.600 - 1,24\ \Delta$ atau $\Delta \leq -30.322$
d. $\hat{c}_6 = C_{BV}B^{-1}\ a_6 - c_6 = -393.600 - 0,98\ \Delta$ atau $\Delta \leq - 401.632$
e. $\hat{c}_{R6} = C_{BV}B^{-1}\ \hat{a}_{R6} - \hat{c}_{R6} = 15.399 + 0,05\ \Delta$ atau $\Delta \geq - 307.980$

Tidak ada nilai delta maka solusi awal sudah optimal, jadi biaya produksi untuk produk sangkar sudut c_4 sebesar Rp. 420.000 sudah optimal.

2. Variabel basis c_5 (nakas)

Ongkos produksi nakas (c_5) dari 260.000 menjadi (260.000 - Δ), C_{BV} yang baru adalah [400.000 0 0 0 0 260.000 - Δ] maka:

$$C_{BV}B^{-1} = [420.000 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 260.000 - \Delta] \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0,18 & -0,05 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -3,45 & -1,64 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -2,36 & -0,41 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -50 & -20 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1,27 & -0,18 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0,05 & 0,14 \end{bmatrix}$$

$= [\ 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 62.600 + 0,05\Delta \quad 15.400 - 0,14\Delta]$

Koefisien pada baris 0 menjadi:

a. $\hat{c}_1 = C_{BV}B^{-1}\ a_1 - c_1 = 162.400 – 0,16\ \Delta$ atau $\Delta \leq 1.015.000$
b. $\hat{c}_2 = C_{BV}B^{-1}\ a_2 - c_2 = 198.800 – 0,82\ \Delta$ atau $\Delta \leq 242.439$
c. $\hat{c}_3 = C_{BV}B^{-1}\ a_3 - c_3 = -37.600 - 1,16\ \Delta$ atau $\Delta \leq - 235.000$
d. $\hat{c}_6 = C_{BV}B^{-1}\ a_6 - c_6 = -393.600 – 0,02\ \Delta$ atau $\Delta \leq -19.680.000$
e. $\hat{c}_{R6} = C_{BV}B^{-1}\ \hat{a}_{R6} - \hat{c}_{R6} = 15.399 - 0,14\Delta$ atau $\Delta \leq 109.992$

Agar c_5 tetap optimal maka $\Delta \leq -19.680.000$. Sehingga ongkos produksi nakas (c_5) akan tetap optimal sebesar Rp 19.940.000, tetapi jika ongkos produksi lebih dari Rp 19.940.000 maka tidak optimal lagi.

3.1.3. Analisis Perubahan Pada Ruas Kanan Pembatas

Proses produksi *furniture* granit memerlukan penambahan pada ruas kanan pembatas, yang dapat diperhitungkan sebagai berikut:

1. Perubahan waktu perakitan

Proses produksi yang dilakukan memerlukan pengurangan waktu pada proses merakit untuk mengefesiensikan waktu. Untuk jumlah waktu perakitan (b_2) dari 9.240 menjadi (9.240 - Δ), maka:

$$B^{-1}b_2=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}18 & -0{,}05 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -3{,}45 & -1{,}64 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -2{,}36 & -0{,}41 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -50 & -20 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1{,}27 & -0{,}18 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0{,}05 & 0{,}14 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 84 \\ 9.240 \\ 9.240 \\ 9.240 - \Delta \\ 9.240 \\ 28 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.661{,}6 \\ -31.923 \\ -12.577 \\ -453.320 \\ -2.499-\Delta \\ -465{,}92 \end{bmatrix}$$

Karena hasilnya tidak memperoleh daerah fisibel, maka perubahan pada ruas kanan tidak perlu dilakukan karena waktu yang tersedia untuk perakitan b_2 sebesar 9.240 menit sudah optimal.

2. Perubahan target produksi
   UMKM ini memerlukan penambahan target produksi karena dengan bertambahnya target produksi maka keuntungan toko akan meningkat. Untuk jumlah target produksi (b_6) dari 28 menjadi (28 + Δ), maka:

$$B^{-1}b_6=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0{,}18 & -0{,}05 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -3{,}45 & -1{,}64 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -2{,}36 & -0{,}41 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -50 & -20 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1{,}27 & -0{,}18 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0{,}05 & 0{,}14 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 84 \\ 9.240 \\ 9.240 \\ 9.240 \\ 9.240 \\ 28 + \Delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.661{,}8-0{,}05\Delta \\ -31.839-1{,}64\Delta \\ -12.577-0{,}14\Delta \\ -453.320-20\Delta \\ -2.499-0{,}18\Delta \\ -458{,}08+0{,}14\Delta \end{bmatrix}$$

Karena hasilnya tidak memperoleh daerah fisibl, maka perubahan pada ruas kanan tidak perlu dilakukan karena jumlah untuk target produksi b_6 sebesar 28 unit sudah optimal.

3.1.4. Analisis Perubahan Kolom Variabel Non Basis

1. Perubahan produk meja konsul (x_1)
   Dilakukan penambahan waktu proses perakitan, yang mana waktu perakitan yang awalnya 320 menit menjadi 327 menit agar produk yang dihasilkan lebih rapi dan sempurna.

$$a_1=\begin{bmatrix} 4 \\ 20 \\ 0 \\ 320 \\ 8 \\ 4 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_1 = \begin{bmatrix} 4 \\ 20 \\ 0 \\ 327 \\ 8 \\ 4 \end{bmatrix}$$

   Maka $c_1 = C_{BV}B^{-1}a_{1\,-\,C1}$= 162.400. Karena $c_1 \geq 0$, maka perlu dilakukan perubahan karena solusi basis yang dihasilkan optimal.
2. Perubahan produk rak pot bunga (x_2)
   Dilakukan penambahan waktu proses pembengkokan dan perakitan, yang mana waktu pembengkokan yang awalnya 10 menit menjadi 11 menit agar besi yang dibengkokkan bengkok dengan sempurna. Penambahan waktu pada perakitan yang awalnya 300 menit menjadi 310 menit, agar produk yang dihasilkan lebih rapi dan bagus.

$$a_2=\begin{bmatrix} 2 \\ 15 \\ 10 \\ 300 \\ 6 \\ 8 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_2 = \begin{bmatrix} 2 \\ 15 \\ 11 \\ 310 \\ 6 \\ 8 \end{bmatrix}$$

   Maka $c_2 = C_{BV}B^{-1}a_{2\,-\,C2}$ = 198.800. Karena $c_2 \geq 0$, maka perlu dilakukan perubahan karena solusi basis yang dihasilkan optimal.
3. Perubahan produk meja set tingkat (x_3)
   Dilakukan penambahan waktu proses pengamplasan, yang mana waktu pengamplasan yang awalnya 8 menit menjadi 11 menit agar produk yang dihasilkan lebih rapi dan teramplas sempurna.

ISSN (Printed) : 2579-7271
ISSN (Online) : 2579-5406

$$a_2 = \begin{bmatrix} 4 \\ 24 \\ 12 \\ 420 \\ 8 \\ 4 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_2 = \begin{bmatrix} 4 \\ 24 \\ 12 \\ 420 \\ 11 \\ 4 \end{bmatrix}$$

Maka $c_3 = C_{BV}B^{-1}a_{3-C3}$ = 150.200. Karena $c_3 \geq 0$, maka perlu dilakukan perubahan karena solusi basis yang dihasilkan optimal.

4. Perubahan produk meja Tv (x_6)
   Dilakukan penambahan waktu proses perakitan dan pengamplasan, yang mana waktu perakitan yang awalnya 400 menit menjadi 410 menit agar saat pengelasan bisa lebih kuat, pemasangan granit bisa lebih pas dan pendempulan dapat tertutup merata. Penambahan waktu pengamplasan yang mana awalnya 6 menit menjadi 8 menit agar produk teramplas dengan merata dan halus agar hasilnya lebih bagus.

$$a_6 = \begin{bmatrix} 4 \\ 24 \\ 12 \\ 400 \\ 8 \\ 4 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } a_6 = \begin{bmatrix} 4 \\ 24 \\ 12 \\ 410 \\ 8 \\ 4 \end{bmatrix}$$

Maka $c_6 = C_{BV}B^{-1}a_{6-C6}$= -628.400. Karena $c_6 \geq 0$, maka tidak perlu melakukan perubahan pada produk meja TV karena solusi optimal tidak ditemukan.

3.1.5. Analisis Penambahan Suatu Aktivitas Baru

Penambahan suatu aktivitas baru produk ke tujuh yaitu meja sofa tamu. Sehingga model matematika saat dilakukan penambahan sebagai berikut:

Ft Minimasi:

$$z = 400.000x_1 + 300.000x_2 + 600.000x_3 + 420.000x_4 + 260.000x_5 + 800.000x_6 + 285.000x_7$$

Kendala:

$$\begin{aligned}
&4x_1 + 2x_2 + 4x_3 + 6x_4 + 2x_5 + 4x_6 && = 84 \\
&20x_1 + 15x_2 + 24x_3 + 24x_4 + 20x_5 + 24x_6 && \leq 9.240 \\
&10x_2 + 12x_3 + 15x_4 + 8x_5 + 20x_6 && \leq 9.240 \\
&320x_1 + 300x_2 + 420x_3 + 340x_4 + 260x_5 + 400x_6 && \leq 9.240 \\
&8x_1 + 6x_2 + 8x_3 + 8x_4 + 4x_5 + 6x_6 && \leq 9.240 \\
&4x_1 + 8x_2 + 4x_3 + 2x_4 + 8x_5 + 2x_6 && = 28 \\
&x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 && \geq 0
\end{aligned}$$

$$\hat{c}_7 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 62.600 & 15.400 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 \\ 18 \\ 8 \\ 280 \\ 5 \\ 3 \end{bmatrix} -285.000 = 74.200$$

Karena $\hat{c}_7 \geq 0$, maka solusi untuk basis saat ini sudah optimal, produk ketujuh yaitu meja sofa tamu perlu diproduksi karna akan memperoleh keuntungan Rp 74.200

3.1.6. Analisis Penambahan Kendala Baru

Penambahan kendala baru, dengan melakukan penambahan pada waktu proses *finishing*. Model matematika saat dilakukan penambahan waktu *finishing* sebagai berikut:

Ft Minimasi:

$$z = 400.000x_1 + 300.000x_2 + 600.000x_3 + 420.000x_4 + 260.000x_5 + 800.000x_6 + 285.000x_7$$

Kendala:

$$\begin{aligned}
&4x_1 + 2x_2 + 4x_3 + 6x_4 + 2x_5 + 4x_6 && = 84 \\
&20x_1 + 15x_2 + 24x_3 + 24x_4 + 20x_5 + 24x_6 && \leq 9.240 \\
&10x_2 + 12x_3 + 15x_4 + 8x_5 + 20x_6 && \leq 9.240 \\
&320x_1 + 300x_2 + 420x_3 + 340x_4 + 260x_5 + 400x_6 && \leq 9.240 \\
&8x_1 + 6x_2 + 8x_3 + 8x_4 + 4x_5 + 6x_6 && \leq 9.240 \\
&4x_1 + 8x_2 + 4x_3 + 2x_4 + 8x_5 + 2x_6 && = 28 \\
&x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 && \geq 0
\end{aligned}$$

ISSN (Printed) : 2579-7271
ISSN (Online) : 2579-5406

Gambar 4 menunjukkan hasil *solution list* penambahan pembatas baru :

(untitled) Solution

Variable	Status	Value
Meja Konsul (X1)	NONBasic	0
Rak Pot Bunga (X2)	NONBasic	0
Meja Set Tingkat (X3)	NONBasic	0
Sangkar Sudut (X4)	Basic	14
Nakas (X5)	Basic	0
Meja TV Minimalis (X6)	NONBasic	0
artfcl 1	NONBasic	0
slack 2	Basic	8904
slack 3	Basic	9030
slack 4	Basic	4480
slack 5	Basic	9128
slack 6	Basic	9156
artfcl 7	NONBasic	0
Optimal Value (Z)		5880000

Gambar 4. *Solution List* Penambahan Pembatas Baru

Gambar 4 menunjukkan bahwa, penambahan pembatas baru tidak berpengaruh terhadap hasil optimal yang sudah didapatkan, karena modal yang dikeluarkan hasilnya tetap sama dengan sebelum penambahan pembatas baru, yaitu modal sebesar Rp 5.880.000 dengan memproduksi 14 unit sangkar sudut.

4. Kesimpulan

UMKM *furniture* granit membutuhkan modal sebesar Rp 5.880.000 untuk memproduksi 14 unit sangkar sudut yang membutuhkan besi sebanyak 84 batang, waktu pengukuran dan pemotongan yang dibutuhkan selama memproduksi 336 menit (5 jam 36 menit), waktu pembengkokan dibutuhkan 210 menit (3 jam 30 menit), waktu perakitan dibutuhkan 4.760 menit (79 jam 20 menit), waktu peamplasan dibutuhkan 112 menit (1 jam 52 menit), dan ditargetkan untuk memproduksi 28 unit setiap bulannya.

Hasil Analisis Sensitifitas dari perubahan koefisien pada fungsi tujuan untuk variabel nonbasis diperoleh bahwa solusi tetap optimal sebesar Rp 562.400 pada produk meja konsul, Rp 498.800 untuk rak pot bunga, Rp 562.400 untuk meja set tingkat dan Rp 406.400 untuk meja Tv. Dari perubahan koefisien pada fungsi tujuan untuk variabel basis mendapatkan solusi optimal, modal yang perlu dikeluarkan untuk produksi sangkar sudut sebesar Rp 420.000 dan tetap optimal pada produk nakas jika biaya produksi lebih kecil dari Rp19.940.000.

Hasil perubahan ruas kanan pembatas tidak menemukan nilai delta berarti solusi sudah optimal dan saat dilakukan perubahan pada kolom variabel nonbasis hasil solusi menjadi optimal, penambahan aktivitas baru menghasilkan keuntungan sebesar Rp 74.200 yang berarti perlu dilakukan penambahan produksi meja sofa, serta penambahan yang dilakukan untuk pembatas baru menghasilkan hasil biaya minimum yang sama sebesar Rp 5.880.000 dan tidak mengubah solusi awal.

Referensi

[1] Rosyida, A., Firdaus, E. M., Putra, M. A. J. D., & Bahari, M. F. (2020). Analisis Optimasi Jumlah Produksi dan Pemilihan Produk Unggul Melalui Metode Simpleks Pada Pt. Mebel Gandul. Jurnal Ilmu Komputer dan Matematika, 1(1), 23-31.

[2] Susanto, L. (2020). Memaksimalkan Keuntungan Harian pada Industri Rumahan Nanda Jaya dengan Penerapan Metode Simpleks. Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan, 14(4), 535-542.

[3] Indah, D.R., & Sari, P. (2020). Penerapan Model Linear Programming Untuk Mengoptimalkan Jumlah Produksi dalam Memperoleh Keuntungan Maksimal. Jurnal Manajemen Inovasi, 10(2).

[4] Rumetna, M. S., Lina, T. N., Rustam, M. Y., Sitaniapessy, S. F., Soulisa, D. I., Sihombing, D. S., ... & Kadiwaru, Y. (2020). Optimalisasi Penjualan Noken Kulit Kayu Menggunakan

ISSN (Printed) : 2579-7271
ISSN (Online) : 2579-5406

Metode Simpleks Dan Software POM-QM. Computer Based Information System Journal, 8(2), 37-45.

[5] Muchtar, D. (2023). Perencanaan Produksi yang Optimal dengan Metode Linear Programing pada PT. Laju Perdana Indah. Journal of Management and Industrial Engineering (JMIE), 2(1), 67-85

[6] Kuba, S. (2022). Optimalisasi Perlindungan Saksi dan Korban Dalam Rangka Memantapkan Penegakan Hukum Di Indonesia. Jurnal Kajian Ilmiah, 22(1), 89-100.

[7] Sari, S. P., Handriansyah, A. E., Anwar, W., Suryaningsih, N., Jubaedah, E., Rustandi, R., & Nurniawan, H. (2024). Operations & Supply Chain Management. Pradina Pustaka.

[8] Junianti, E., & FoEh, J. E. (2022). A Optimalisasi Produktivitas dan Penjualan Menggunakan Metode Integer Programming. Jurnal Kajian Ilmiah, 22(3), 231-242.

[9] Haming, H. M., Ramlawati, S. E., Suriyanti, S. E., & Imaduddin, S. T. (2022). Operation Research: Teknik Pengambilan Keputusan Optimal. Bumi Aksara.

[10] Susanti, V. (2021). Optimalisasi produksi tahu menggunakan program linear metode simpleks. MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika, 9(2), 399-406.

[11] Vania, T., & Winanda, R. S. (2024). Optimasi Perencanaan Produksi Kerajinan Rotan di Angga Furniture Menggunakan Linear Programing. Jurnal Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika, 5(1), 300-306.

[12] Hani, N., & Harahap, E. (2021). Optimasi produksi T-Shirt menggunakan metode simpleks. Matematika: Jurnal Teori Dan Terapan Matematika, 20(2), 27-32.