

Floor Tile Production Optimization with Simplex Method and Sensitivity Analysis

[Optimasi Produksi Keramik Lantai dengan Metode Simplex dan Analisa Sensitifitas]

Demas Bani Alfian¹⁾, Tedjo Sukmono^{*2)}

¹⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: thedjoss@umsida.ac.id

Abstract. A ceramic company in Mojokerto is facing problems in achieving optimal profit due to machine capacity constraints and production targets. The study aims to identify the best solution by considering these factors. The simplex linear programming method with LINGO is used to find the optimal production solution. The results show to achieve an optimal profit of Rp 680,963,542, the company needs produce 14,815 m² of 60×60 granite, 21,297 m² of 60×60 ceramic, 8,334 m² of 60×120 ceramic. Compared to the initial profit of Rp 659,860,250, the simplex method resulted an increase of Rp 21,103,292. Sensitivity analysis showed optimal production, with the deducted cost for each variable at zero. The range of price changes showed that a decrease in price to the lower limit would generate revenue of IDR 625,515,731, while an increase to the upper limit would generate IDR 745,599,549. This shows the flexibility in adjusting prices to maximize profits.

Keywords - Sensitivity Analysis; Linear Programming; Lingo; Optimization; Simplex.

Abstrak. Sebuah perusahaan keramik di Mojokerto menghadapi masalah dalam mencapai keuntungan yang optimal karena keterbatasan kapasitas mesin dan target produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi solusi terbaik dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut. Metode simpleks linear programming dengan LINGO digunakan untuk mencari solusi produksi yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan untuk mencapai keuntungan optimal sebesar Rp 680.963.542, perusahaan perlu memproduksi 14.815 m² granit 60×60, 21.297 m² keramik 60×60, 8.334 m² keramik 60×120. Dibandingkan dengan keuntungan awal sebesar Rp 659.860.250, metode simpleks menghasilkan peningkatan sebesar Rp 21.103.292. Analisis sensitivitas menunjukkan produksi yang optimal, dengan biaya yang dikurangi untuk setiap variabel adalah nol. Kisaran perubahan harga menunjukkan bahwa penurunan harga ke batas bawah akan menghasilkan pendapatan sebesar Rp 625.515.731, sementara kenaikan ke batas atas akan menghasilkan Rp 745.599.549. Hal ini menunjukkan fleksibilitas dalam menyesuaikan harga untuk memaksimalkan keuntungan.

Kata Kunci - Analisa Sensitifitas; Linear Programming; Lingo; Optimalisasi; Simpleks.

I. PENDAHULUAN

Pabrik Ubin keramik merupakan salah satu industri yang bergerak di bidang manufaktur. Saat ini kapasitas industri ubin keramik Indonesia sebesar 510 juta m²/tahun. 87% outputnya dijual di pasar domestik. Dari segi kapasitas dan kualitas, produksi ubin keramik Indonesia mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri antara lain untuk pembangunan rumah, gedung perkantoran, apartemen, pusat perbelanjaan dan proyek lainnya. Indonesia merupakan salah satu dari 10 negara produsen ubin keramik terbesar, peringkat ke-9 dunia. Sebagian besar industri ubin keramik menggunakan teknologi terkini, yang tidak jauh berbeda dengan teknologi yang digunakan di negara-negara maju seperti Italia, Spanyol, dll. *Production* atau dalam bahasa Indonesia produksi adalah suatu kegiatan yang berkaitan dengan kegiatan produksi suatu produk, baik yang berbentuk fisik (*tangible product*) maupun yang berbentuk jasa (*intangible product*) [1]. Dalam bisnis, perusahaan harus bisa melihat peluang permintaan yang bagus ini, pabrik ubin keramik harus memaksimalkan keuntungan, dengan mempertimbangkan kendala yang ada [2]. Pada penelitian terdahulu dengan judul *development of linear programming model for optimization of product mix and maximization of profit: case of leather industry* yang ditulis oleh Muhammad Ahmed Kalwar, Muhammad Ali Khan, Muhammad Faisal Shahzad, Muzamil Hussain Wadho, Hussain Bux Marri penelitian tersebut melakukan perhitungan keuntungan maksimal yang dapat dihasilkan oleh pabrik alas kaki kulit dengan metode *linear programming*. Tujuan untuk menyarankan pengambilan keputusan yang didukung secara analitis untuk memutuskan jumlah pasangan *articles* yang berbeda yang akan diproduksi sedemikian rupa sehingga biaya dan keuntungan dapat diminimalkan dan dimaksimalkan masing-masing. Analisis biaya dan keuntungan dari data yang dikumpulkan dilakukan di *Microsoft Excel* sesuai metode perhitungan tradisional perusahaan. Model *linear programming* (LP) kemudian dirumuskan dan diimplementasikan pada *Microsoft Excel* dengan menggunakan *add-in solver*. *Output* dari metode tradisional dan model LP dibandingkan.

Perbandingan tersebut mengungkapkan bahwa dengan produksi yang berkurang 22%, keuntungan yang dapat diperoleh sebesar 39% lebih banyak jika pemilihan barang dan jumlah produksinya dihitung dengan tepat [3]. Yang membedakan dengan penelitian terdahulu adalah penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual dibantu dengan *software* LINGO dan dianalisis dengan analisa sensitifitas. Salah satu permasalahan utama yang dihadapi perusahaan adalah optimalisasi jumlah produksi untuk memaksimalkan keuntungan. Dengan terbatasnya persediaan bahan baku dan kapasitas produksi, perusahaan harus memastikan dapat memaksimalkan keterbatasan tersebut untuk mendapatkan keuntungan yang maksimal [4]. Produksi berlebih dapat menyebabkan penumpukan inventaris yang mahal, sementara produksi yang rendah dapat menyebabkan hilangnya penjualan dan peluang pendapatan berkurang. Oleh karena itu, perusahaan harus mencari solusi yang dapat membantu mereka mengatasi tantangan tersebut.

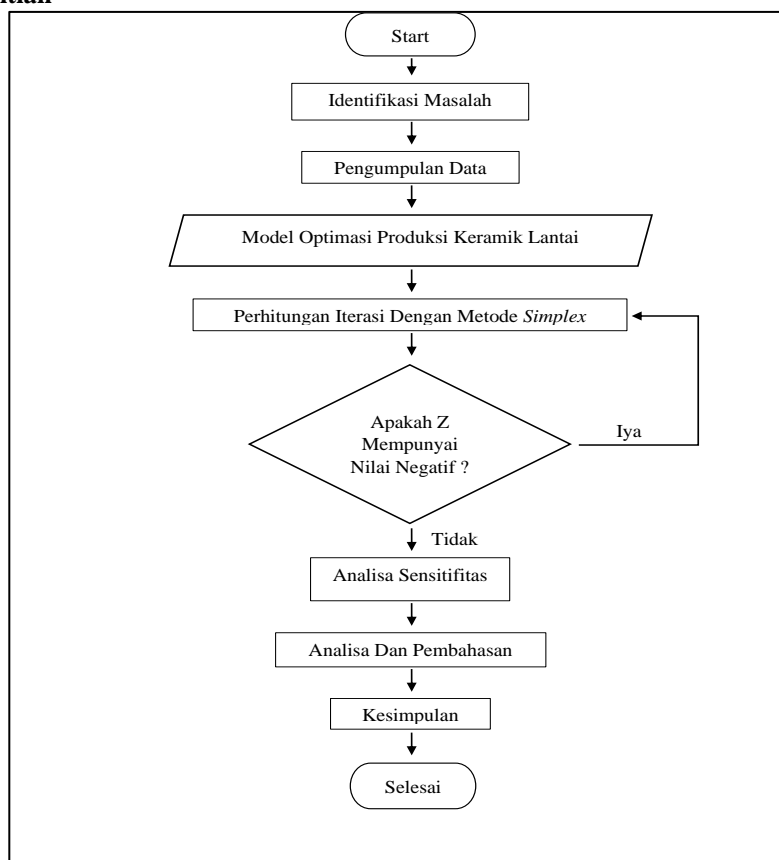
Permasalahan optimalisasi dapat diatasi dengan berbagai metode seperti Simpleks, Gauss-Jordan, grafis, dan aljabar. Pada permasalahan *Linear programming real-life* dengan tiga atau lebih variabel, metode grafis kurang memadai. Jika terdapat tiga *variable* atau lebih, aljabar lebih kompleks daripada grafis, dan Gauss-Jordan memerlukan kehati-hatian. Oleh karena itu, Simpleks lebih tepat untuk mengatasi permasalahan dengan tiga *variable* atau lebih karena lebih mudah dan sederhana dalam pengerjaannya [5]. Maka dari itu metode *linear programming* seperti metode simpleks dapat menjadi salah satu solusi [6]. Cara ini memungkinkan perusahaan untuk mengoptimalkan keuntungan, alokasi sumber daya, terutama bahan baku dan tenaga kerja, untuk mencapai keuntungan yang optimal. Analisis sensitivitas juga penting untuk memahami sejauh mana hasil optimasi dapat diterapkan dalam situasi yang berbeda dan bagaimana perubahan parameter tertentu akan mempengaruhi keputusan produksi [7]. Dengan demikian, metode *linear programming* dan analisis sensitivitas adalah salah satu alat untuk mengatasi masalah terkait optimalisasi keuntungan pabrik ubin keramik.

II. METODE

A. Waktu dan tempat penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di Perusahaan yang terletak di Ngoro Industri Persada Blok R2, Ngoro, Mojokerto, Jawa Timur penelitian ini dilakukan selama 6 bulan.

B. Flowchart Penelitian



Gambar 1. Flowchart penelitian

C. Linear Programming

Pemrograman linier adalah teknik yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi [8]. Metode ini dirancang untuk merumuskan dan menyelesaikan permasalahan matematis yang melibatkan hubungan linier antara variabel, dengan tujuan mencari solusi yang mengoptimalkan fungsi tujuan tertentu. Beberapa konsep kunci dalam konteks tersebut mencakup fungsi tujuan, fungsi kendala, dan variabel keputusan, yang merupakan elemen-elemen penting dalam merumuskan dan menyelesaikan masalah optimasi [9].

1. Variabel Keputusan

Variabel keputusan merupakan nilai-nilai yang akan dipilih atau diambil setelah keputusan diambil dalam suatu konteks [4]. Dalam hal ini, variabel keputusan dinyatakan dalam nilai yang akan ditentukan dalam bentuk $X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_n$

2. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan (*objective function*) merupakan suatu ekspresi matematis yang dirancang untuk dioptimalkan dalam konteks permasalahan matematis atau pemrograman linier. Dalam pemrograman linier, fungsi tujuan menjadi panduan dalam menemukan nilai optimal untuk variabel keputusan, dengan memperhitungkan batasan atau kendala yang diberlakukan pada sistem tersebut. Fungsi tujuan biasanya disajikan dengan menggunakan huruf Z untuk memaksimalkan dan huruf C untuk meminimumkan [9]. Formula optimasi keuntungan keramik sebagai berikut [10]:

$$\text{Max / Min} = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n \quad (1)$$

Sumber : [11]

Keterangan:

C_n : Koefisien nilai tujuan.

X_n : Variabel keputusan.

3. Fungsi Pembatas

Fungsi pembatas merupakan Penyajian matematis batasan kapasitas mencakup pengalokasian optimal kapasitas yang tersedia ke berbagai kegiatan dalam bentuk persamaan atau ketidaksetaraan [12]. Formula dalam fungsi pembatas adalah sebagai berikut [12]:

$$A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + A_{13}X_3 + \dots + A_{1n}X_n (\leq, =, \geq) B_n \quad (2)$$

Sumber : [12]

Keterangan:

A_{1n} : koefisien nilai kendala.

B_n : Nilai ruas kanan.

4. Simpleks

Metode *simplex* adalah pendekatan sistematis yang dimulai dari solusi dasar yang memungkinkan hingga mencapai solusi dasar yang optimal melalui serangkaian iterasi [13]. Proses ini dilakukan secara berulang dengan tujuan mencapai solusi optimum untuk masalah optimasi yang melibatkan variabel dan kendala. Iterasi metode simpleks memungkinkan peningkatan langkah demi langkah menuju solusi optimum, menjadikannya alat yang efektif untuk menangani masalah kompleks dalam pemrograman linier dan optimasi.

Menyusun persamaan didalam tabel:

Tabel 1. Penyusunan persamaan

Variabel dasar	Z	X_1	X_2	X_N, \dots	S_1	S_2	S_N	NK
Z	1	C_1	C_2	C_N	0	0	0	0
S_1	0	A_{11}	A_{12}	A_{1N}	1	0	0	B_1
S_2	0	A_{21}	A_{22}	A_{2N}	0	1	0	B_2
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
S_N	0	A_{M1}	A_{M2}	A_{MN}			1	B_M

Berikut langkah – langkah dalam penyelesaian linier programming [11]:

1. Mengkonversikan masalah pemrograman linier dengan kendala menjadi bentuk matematik.
2. Penyusunan persamaan pada tabel.
3. Menentukan kolom kunci dengan memilih $z_j - c_j$ negative terkecil.
4. Menentukan baris kunci dengan mencari indeks setiap baris dan dipilih nilai indeks positif dengan angka terkecil.
5. Menentukan angka kunci dengan mencari nilai yang masuk dalam kolom kunci dan baris kunci.
6. Merubah nilai-nilai pada baris kunci dengan cara membagi dengan angka kunci.
7. Merubah nilai-nilai selain baris kunci.
8. Pada kasus memaksimalkan, tabel simpleks dinyatakan optimal apabila $z_j - c_j \geq 0$ untuk semua nilai j. Apabila tabel belum optimal maka dilakukan iterasi dengan mengulang langkah ke 3.

D. Analisa Sensitifitas

Analisis sensitifitas adalah proses pemeriksaan terhadap perubahan koefisien fungsi tujuan dan kendala dalam suatu model matematis [14]. Tujuannya adalah untuk menentukan batasan sejauh mana perubahan tersebut dapat terjadi tanpa memengaruhi solusi optimal dari permasalahan. Analisis sensitivitas memberikan wawasan mengenai ketahanan solusi optimal terhadap fluktuasi parameter, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dalam menghadapi perubahan kondisi atau variabel dalam suatu konteks optimasi.

Analisis sensitivitas adalah evaluasi yang bertujuan untuk memahami perubahan yang mungkin terjadi selama tahap produksi [15]. Tujuan utamanya adalah mengidentifikasi sejauh mana variasi atau modifikasi tertentu dapat memengaruhi hasil akhir dalam proses produksi. Dengan melakukan analisis sensitivitas, dapat diungkap bagaimana perubahan dalam parameter tertentu dapat berdampak pada kinerja keseluruhan. Ini membantu perusahaan atau organisasi untuk membuat keputusan yang lebih informasional dan memahami tingkat ketidakpastian yang terkait dengan faktor-faktor produksi.

Dapat ditarik kesimpulan bahwa analisis sensitivitas merupakan proses penting dalam evaluasi model matematis, fokus pada perubahan koefisien fungsi tujuan dan kendala. Tujuannya adalah mengidentifikasi batasan sejauh mana perubahan dapat terjadi tanpa mempengaruhi solusi optimal. Dalam konteks produksi, analisis sensitivitas memberikan wawasan tentang dampak fluktuasi parameter pada hasil akhir, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik menghadapi perubahan kondisi. Secara keseluruhan, analisis sensitivitas menjadi alat penting untuk memahami ketahanan solusi optimal dan mengelola ketidakpastian dalam pengambilan keputusan, Formula dalam fungsi pembatas adalah sebagai berikut [16].

$$\hat{C}_n = C_{BV} B^{-1} a_n - c_n \quad (3)$$

Sumber : [16]

Keterangan :

C_{BV} : koefisien variabel basis

$B^{-1} a_n$: matrik *invers* koefisien variabel non basis

c_n : koefisien variabel non basis

E. Lingo

Lingo adalah perangkat lunak yang sederhana tetapi efektif untuk melakukan optimasi linear dan non-linear [17]. Dengan kemampuannya untuk dengan cepat menghitung, memecahkan, dan menganalisis berbagai masalah, Lingo menjadi alat yang sangat berguna. Perangkat lunak ini dirancang untuk menyederhanakan pemecahan masalah kompleks dan memberikan solusi yang efisien dalam waktu singkat. Dengan Lingo, pengguna dapat mengoptimalkan berbagai jenis masalah dengan mudah, menjadikannya alat yang sangat berguna dalam analisis dan pemecahan masalah. Lingo merupakan perangkat lunak untuk menemukan solusi dalam pemrograman linier. Sebagai generasi lebih tua dari LINDO, Lingo menyediakan alat yang efektif untuk menyelesaikan masalah pemrograman linier dengan optimal [18]. Secara keseluruhan, Lingo adalah perangkat lunak yang sederhana namun efektif untuk optimasi linear dan non-linear. Dengan kecepatan dalam menghitung dan kemampuan pemecahan masalah kompleks, Lingo menjadi alat yang sangat berguna. Tak hanya itu, Lingo juga mampu menangani pemrograman linier dengan baik, menjadikannya solusi efektif dan optimal. Sebagai generasi lebih tua dari LINDO, Lingo tetap menjadi pilihan yang handal untuk analisis dan pemecahan masalah dalam berbagai konteks.

F. Langkah – langkah penelitian

Langkah – langkah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data

Berikut adalah data produksi keramik perhari di perusahaan, sebagai berikut:

Tabel 2. Data produksi

No	Nama Mesin	Jenis keramik						Kapasitas / hari
		60x60 granit	60x60 keramik	30x60 granit	30x60 keramik	50x50 granit	60x120 keramik	
1	Milling	11	8	11	8	11	8	400,000
2	Press	7	7	7	7	6	5	300,000
3	Burn 1	9	9	9	9	8	9	400,000
4	Laying	3	3	3	3	2	2	125,000
5	Burn 2	9	9	9	9	8	9	400,000
6	Polis & Cutting	4	0	6	0	7	0	125,400
Keuntungan		Rp16,667	Rp15,625	Rp15,625	Rp14,063	Rp9,000	Rp12,153	-

Tabel 3. Data keuntungan perusahaan

No	Nama Produk	Produksi (M ²)	Keuntungan	Total
1	60x60 Granit	11,966	Rp 16,667	Rp 199,428,000
2	60x60 Keramik	5,939	Rp 15,625	Rp 92,797,500
3	30x60 Granit	8,391	Rp 15,625	Rp 131,107,500
4	30x60 Keramik	6,680	Rp 14,063	Rp 93,939,750
5	50x50 granit	9,143	Rp 9,000	Rp 82,282,500
6	60x120 keramik	4,962	Rp 12,153	Rp 60,305,000
Total		47,081	-	Rp 659,860,250

Terlihat pada tabel 4 total keuntungan produksi di perusahaan yaitu Rp 659,860,250 dari penjualan ke enam jenis keramik tersebut.

2. Fungsi Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah menentukan jumlah produksi guna mencapai keuntungan optimal bagi perusahaan. Berdasarkan tabel 4 keuntungan perusahaan, didapatkan rumus untuk menentukan nilai keuntungan maksimal dari produksi keramik pada perusahaan yaitu:

$$\text{MAX } Z = 16,667X_1 + 15,625X_2 + 15,625X_3 + 14,063X_4 + 9,000X_5 + 12,153X_6$$

Perumusan Variabel Keputusan

Pada penelitian ini didapat 6 variabel Keputusan sehingga dapat dituliskan variabel keputusan sebagai berikut:

- X1 = banyaknya 60×60 jenis granit
- X2 = banyaknya 60×60 jenis keramik
- X3 = banyaknya 30×60 jenis granit
- X4 = banyaknya 30×60 jenis keramik
- X5 = banyaknya 50×50 jenis granit
- X6 = banyaknya 60×120 jenis keramik

3. Fungsi Kendala

Ada 6 mesin utama dalam produksi keramik pada perusahaan yang disertai dengan data produksi dipergunakan untuk membantu dalam membuat fungsi kendala. Formula dalam fungsi pembatas adalah sebagai berikut:

- a. Batasan mesin milling
 $11x_1 + 8x_2 + 11x_3 + 8x_4 + 11x_5 + 8x_6 \leq 400,000$
- b. Batasan mesin press
 $7x_1 + 7x_2 + 7x_3 + 7x_4 + 6x_5 + 5x_6 \leq 300,000$
- c. Batasan mesin burn 1
 $9x_1 + 9x_2 + 9x_3 + 9x_4 + 8x_5 + 9x_6 \leq 400,000$
- d. Batasan mesin layying
 $3x_1 + 3x_2 + 3x_3 + 3x_4 + 2x_5 + 2x_6 \leq 125,000$
- e. Batasan mesin burn 2
 $9x_1 + 9x_2 + 9x_3 + 9x_4 + 8x_5 + 9x_6 \leq 400,000$
- f. Batasan mesin polish and cutting
 $4x_1 + 0x_2 + 6x_3 + 0x_4 + 7x_5 + 0x_6 \leq 125,400$

4. Analisa Data

Metode simpleks digunakan untuk menyelesaikan masalah pemrograman linear dengan langkah-langkah berulang, memperbaiki solusi secara bertahap hingga mencapai solusi optimal. Beberapa ketentuan yang harus dipatuhi meliputi antara lain:

1. Identifikasi variabel keputusan, fungsi tujuan, dan fungsi batasan atau kendala.
2. Mengubah fungsi tujuan menjadi fungsi *implicit* yaitu semua bergeser ke kiri.
3. Mengubah fungsi batasan atau kendala menjadi persamaan dengan cara menambahkan variabel *slack*.
4. Menyusun persamaan didalam tabel *simplex*.
5. Menentukan kolom kunci, baris kunci dan pivot.
6. Mengubah nilai-nilai pada baris kunci dilakukan dengan cara membagi tiap-tiap nilai pada baris kunci dengan nilai elemen pivot.
7. Untuk mengganti nilai-nilai di luar baris kunci, dilakukan menggunakan rumus berikut: nilai Baris baru = nilai Baris lama + (koefisien pada kolom kunci x nilai baru baris kunci).
8. Merangkai persamaan di dalam tabel simpleks baru setelah Iterasi Ke-1.
9. Tabel simpleks akan mencapai hasil optimal jika setiap nilai pada baris Z (fungsi tujuan) tidak negatif (dalam kasus maksimisasi).

10. Jika hasil iterasi pertama masih memiliki nilai negatif, langkah-langkah perbaikan perlu dilakukan pada tabel simpleks atau melanjutkan iterasi sampai baris Z tidak memiliki nilai negatif.
11. Perbaikan pada tabel simpleks dilakukan dengan mengulangi langkah 5-10. Proses ini akan berhenti ketika baris fungsi tujuan Z tidak lagi memiliki nilai negatif.

Setelah menyelesaikan persoalan pemrograman linear dan mendapatkan solusi optimal, hal tersebut belum menandakan penyelesaian sepenuhnya. Kemungkinan masih ada perubahan yang dapat terjadi akibat perubahan pada beberapa bagian. Karena setiap perubahan dapat memengaruhi hasil optimal, diperlukan analisis tambahan yang disebut analisis sensitivitas. Analisis ini dapat dilakukan tanpa perlu mengulang iterasi dari awal, melainkan menggunakan data dari tabel simpleks optimum.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Linear Programming

$$Z = -16,667X_1 - 15,625X_2 - 15,625X_3 - 18,750X_4 - 9,000X_5 - 12,153X_6 = 0$$

Kemudian fungsi kendala dirubah dengan memberikan *variable slack* yang berguna untuk mengetahui batasan dalam kapasitas dengan menambah variabel tambahan menjadi:

$$11x_1 + 8x_2 + 11x_3 + 8x_4 + 11x_5 + 8x_6 + S_1 = 400,000$$

$$7x_1 + 7x_2 + 7x_3 + 7x_4 + 6x_5 + 5x_6 + s_2 = 300,000$$

$$9x_1 + 9x_2 + 9x_3 + 9x_4 + 8x_5 + 9x_6 + s_3 = 400,000$$

$$3x_1 + 3x_2 + 3x_3 + 3x_4 + 2x_5 + 2x_6 + s_4 = 125,000$$

$$9x_1 + 9x_2 + 9x_3 + 9x_4 + 8x_5 + 9x_6 + s_5 = 400,000$$

$$4x_1 + 0x_2 + 6x_3 + 0x_4 + 7x_5 + 0x_6 + s_6 = 125,400$$

Setelah persamaan tersebut disusun ke dalam tabel *simplex*. Lalu formulasi yang telah diubah tersebut disusun ke dalam Tabel 4.1 iterasi 0 atau awal, sebagai berikut:

Tabel 4. Iterasi 0

VB	Z	X1	X2	X3	X4	X5	X6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Solusi
Z	1	-16,667	-15,625	-15,625	-14,063	-9,000	-12,153	0	0	0	0	0	0	0
S1	0	11	8	11	8	11	8	1	0	0	0	0	0	400,000
S2	0	7	7	7	7	6	5	0	1	0	0	0	0	300,000
S3	0	9	9	9	9	8	9	0	0	1	0	0	0	400,000
S4	0	3	3	3	3	2	2	0	0	0	1	0	0	125,000
S5	0	9	9	9	9	8	9	0	0	0	0	1	0	400,000
S6	0	4	0	6	0	7	0	0	0	0	0	0	1	125,400

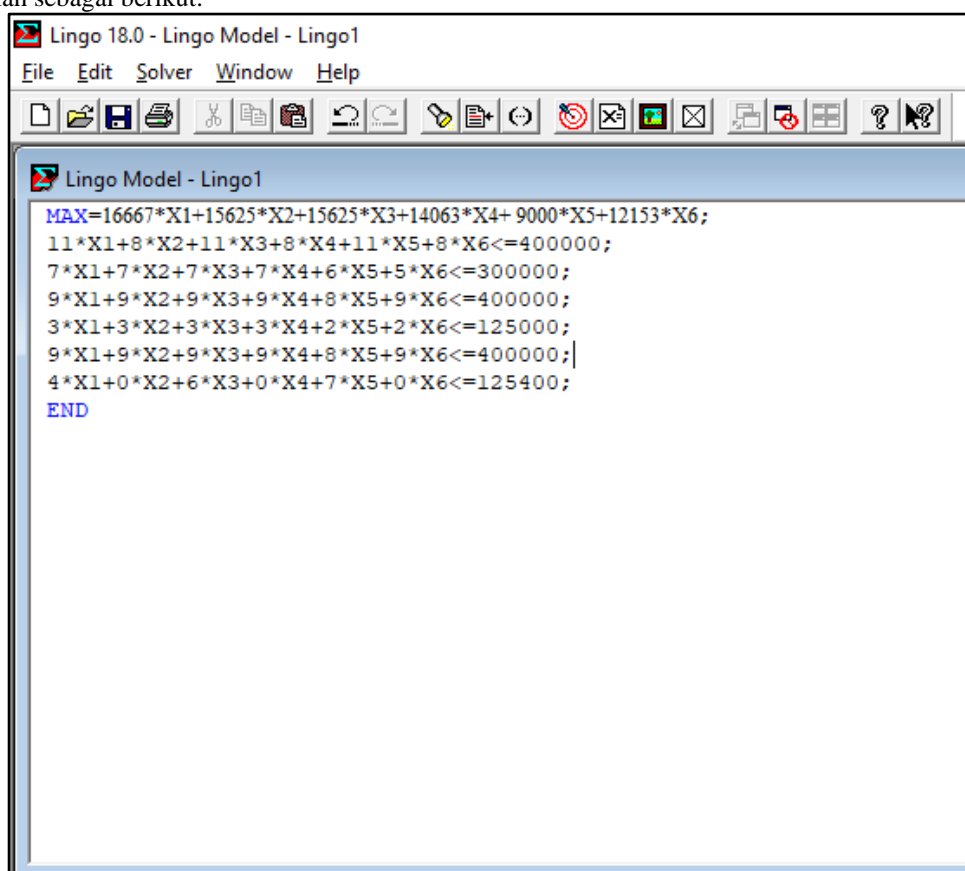
Tabel 5. Iterasi 1

VB	Z	X1	X2	X3	X4	X5	X6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Solusi
Z	1	0	15,625	-9,375.50	14,063	-20,167.25	12,153	0	0	0	0	0	-4,166.75	522,510,464
S1	0	0	8	-5.5	8	-8.25	8	1	0	0	0	0	-2.75	55,150
S2	0	0	7	-3.5	7	-6.25	5	0	1	0	0	0	-1.75	80,550
S3	0	0	9	-4.5	9	-7.75	9	0	0	1	0	0	-2.25	117,850
S4	0	0	3	-1.5	3	-3.25	2	0	0	0	1	0	-0.75	30,950
S5	0	0	9	-4.5	9	-7.75	9	0	0	0	0	1	-2.25	117,850
X1	0	1	0	1.5	0	1.75	0	0	0	0	0	0	0.25	31,350

Tabel 6. iterasi 5 optimal.

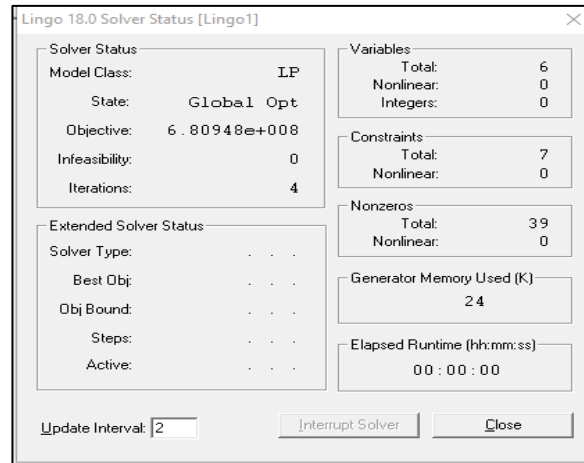
VB	Z	X1	X2	X3	X4	X5	X6	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Solusi
Z	1	0	0	1,042	1,562	3,924.96	0	347.333	0	270.037	3,472.00	0	0	680,948,160
X2	0	0	1	0	1	-1.0741	0	-0.3333	0	0.0741	1	0	0	21,296.30
S2	0	0	0	0	0	1.1111	0	0	1	-0.1111	-2	0	0	5,555.56
X6	0	0	0	0	0	0.6667	1	0	0	0.3333	-1	0	0	8,333.33
S6	0	0	0	2	0	1.8148	0	-1.3333	0	1.1852	0	0	1	66,140.74
S5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0
X1	0	1	0	1	0	1.2963	0	0.3333	0	-0.2963	0	0	0	14,814.81

Setelah perhitungan manual dengan metode simpleks, pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak LINGO untuk membuktikan hasil secara lebih akurat. Hasil akhir dari pengolahan data dengan bantuan *software* LINGO adalah sebagai berikut:

Gambar 2. Variabel Linear Programming *Software* LINGO

Variable	Value	Reduced Cost
X1	14814.81	0.000000
X2	21296.30	0.000000
X3	0.000000	1042.000
X4	0.000000	1562.000
X5	0.000000	3924.963
X6	8333.333	0.000000

Gambar 3. Hasil produksi paling optimum



Gambar 4. Total keuntungan

Maka dapat disimpulkan dari perhitungan menggunakan *software* LINGO didapat hasil yang serupa dengan perhitungan manual Variabel X1 di *software* sebesar 14,814 , dan mendapatkan hasil optimal dari produksi keramik tersebut adalah sebesar Rp 680,963,542 atau naik sebesar 3% dari sebelumnya Rp 659,860,250.

Analisa Sensitivitas

Analisa sensitivitas memberikan gambaran bagaimana perubahan koefisien dalam fungsi tujuan dapat terjadi tanpa memengaruhi dari solusi optimal dimana diketahui.

$$Z = (16,667 + D1) X1 + 15,625X2 + 15,625X3 + 14,063X4 + 9,000X5 + 12,153X6$$

$$X1 = 347 + 0.333 D1 \geq 0$$

$$= 270 - 0.296 D1 \geq 0$$

Sehingga hasil dari perhitungan diatas adalah

$$X1 = D1 \geq -1042$$

$$= D1 \leq 911$$

Sehingga diperoleh $-1042 \leq D1 \leq 911$ jadi koefisien X1 pada fungsi tujuan agar tidak mempengaruhi optimalisasi menjadi $(16,667 - 1042) \leq X1 \leq (16,667 + 911)$ atau $15,625 \leq X1 \leq 17,578$. Setelah dimasukkan kedalam rumus perhitungan selanjutnya dibantu dengan *software* Lingo sehingga didapat hasil sebagai berikut.

Tabel 7. output perubahan fungsi tujuan

Variable	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
X1	16,667	15,625	17,578
X2	15,625	14,063	16,667
X3	15,625	Infinity	16,667
X4	14,063	Infinity	15,625
X5	9,000	Infinity	12,925
X6	12,153	11,342.89	15,625

Dari tabel tersebut, dapat dinyatakan bahwa nilai biaya yang dikurangkan (*Reduced Cost*) untuk setiap variabel adalah nol, menunjukkan bahwa produksi X1, X2 dan X6 tersebut optimal dan sudah mencapai kondisi menguntungkan. Selanjutnya, tabel memberikan rentang perubahan koefisien pada fungsi tujuan dengan menunjukkan batas atas (*Upper Bound*) dan Batas bawah (*Lower Bound*) untuk perubahan dapat dijelaskan sebagai batas minimum dan maksimum perubahan, masing-masingnya tersebut. Dimana dengan produksi yang sama tetapi harga diturunkan mencapai harga batas bawah akan mendapatkan total pendapatan sebesar Rp 625,515,731 atau turun 5% dari keuntungan sebelumnya. Selanjutnya dengan produksi yang sama tetapi harga dinaikan mencapai batas atas akan mendapatkan total pendapatan sebesar Rp 745,599,549 atau naik sebesar 13% dari keuntungan sebelumnya.

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Hasil penelitian dan analisis menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode *simplex*, Perusahaan harus memproduksi 60×60 jenis granit sebanyak 14,815 m², 60×60 jenis keramik sebanyak 21,297 m², dan 60×120 jenis keramik sebanyak 8,334 m² untuk mencapai keuntungan optimal sebesar Rp 680,963,542, perbandingan dengan keuntungan sebelum menggunakan metode *simplex* menunjukkan bahwa keuntungan awal adalah Rp 659.860.250. Dengan menggunakan metode *simplex*, terjadi peningkatan keuntungan sekitar 3%, atau sekitar Rp 21,103,292. Analisis sensitivitas dinyatakan bahwa nilai biaya yang dikurangkan (*Reduced Cost*) untuk setiap variabel adalah nol,

menunjukkan bahwa produksi keenam variabel tersebut optimal dan sudah mencapai kondisi menguntungkan. Selanjutnya, tabel memberikan rentang perubahan koefisien pada fungsi tujuan dengan menunjukkan batas atas (*Upper Bound*) dan Batas bawah (*Lower Bound*) untuk perubahan dapat dijelaskan sebagai batas minimum dan maksimum perubahan, masing-masingnya tersebut. Dimana dengan produksi yang sama tetapi harga diturunkan mencapai harga batas bawah akan mendapatkan total pendapatan sebesar Rp 625,515,731 atau turun 5% dari keuntungan sebelumnya. Selanjutnya dengan produksi yang sama tetapi harga dinaikan mencapai batas atas akan mendapatkan total pendapatan sebesar Rp 745,599,549 atau naik sebesar 13% dari keuntungan sebelumnya.

B. Saran

Diharapkan dari hasil produksi optimal dengan Metode *simplex* analisis sensitivitas Perusahaan dapat memperkirakan banyaknya produksi, sehingga semua sumber daya dapat digunakan seoptimal mungkin agar jumlah produksi yang didapatkan lebih optimal, dan untuk peneliti selanjutnya yang akan meneliti tentang keoptimalan produksi dapat menggunakan Metode lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmatnya saya dapat menyelesaikan artikel ilmiah ini. Serta saya ucapkan banyak terimakasih kepada perusahaan yang telah memberi kesempatan dan izin untuk melaksanakan penelitian di lingkungan yang sangat berharga ini. Dan juga tidak lupa saya ucapkan terimakasih kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah menjembatani penelitian ini.

REFERENSI

- [1] M.Buchori and T.Sukmono, "Peramalan Produksi Menggunakan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) di PT. XYZ," *PROZIMA (Productivity, Optim. Manuf. Syst. Eng.,* vol. 2, no. 1, pp. 27–33, 2018.
- [2] L.Nurmayanti and A.Sudrajat, "Implementasi Linear Programming Metode Simpleks pada Home Industry," *J. Manaj.,* vol. 13, no. 3, pp. 431–438, 2021.
- [3] M. A.Kalwar, M. A.Khan, M. F.Shahzad, M. H.Wadho, and H. B.Marri, "Development of linear programming model for optimization of product mix and maximization of profit: case of leather industry," *J. Appl. Res. Technol. Eng.,* vol. 3, no. 1, pp. 67–78, 2022.
- [4] S.Aprilyanti, "Optimasi Keuntungan Produksi Pada Industri Kayu Pt. Indopal Harapan Murni Menggunakan Linear," *J. Penelit. dan Apl. Sist. Tek. Ind.,* vol. XIII, no. 1, pp. 1–8, 2019.
- [5] T. A.Firmansyah, A. E.Nugraha, and W. E.Cahyanto, "Analisa Keuntungan dan Penugasan Menggunakan Metode Simpleks dan Hungarian (Studi Kasus: UMKM Aneka Kerupuk Setuju)," *J. Serambi Eng.,* vol. 8, no. 2, pp. 5711–5719, 2023.
- [6] K. V.Adtria, K.Kamid, and N.Rarasati, "Analisis Sensitivitas Dalam Optimalisasi Jumlah Produksi Makaroni Iko Menggunakan Linear Programming," *Imajiner J. Mat. dan Pendidik. Mat.,* vol. 3, no. 2, pp. 174–182, 2021.
- [7] A. A. S. D. S.Dewi, N. K. T.Tastrawati, and K.Sari, "Analisis Sensitivitas dalam Optimalisasi Keuntungan Produksi Busana dengan Metode Simpleks," *J. Mat.,* vol. 4, no. 2, pp. 1693–1394, 2014.
- [8] U.Hasanah, S.Putrawangsa, and D. T.Kumoro, "Pengambilan Keputusan dalam Manajemen Proyek KPR Nonsubsidi menggunakan Linier Programming," *J. Nas. Teknol. dan Sist. Inf.,* vol. 5, no. 2, pp. 104–111, 2019.
- [9] H.Murdifin, Ramlawati, Suriyanti, and Imaduddin, *Operation Research: Teknik Pengambilan Keputusan Optimal*, Cetakan pe. Jakarta: Sinar Grafika Offset, 2017.
- [10] E. Y.Susanti, "Sistim Pendukung Keputusan Menentukan Volume Produksi Keripik Tempe Menggunakan Metode Simplex," *Indones. J. Comput. Sci.,* vol. 11, no. 3, pp. 924–934, 2022.
- [11] V.Susanti, "Optimalisasi Produksi Tahu Menggunakan Program Linear Metode Simpleks," *MATHunesa J. Ilm. Mat.,* vol. 9, no. 2, pp. 399–406, 2021.
- [12] A.Meflinda and Mahyarni, *Riset Operasi*, 1st ed. Pekanbaru: UNRI Press, 2011.
- [13] D. R.Khoirunnisa and Y. P.Astuti, "ANALISIS SENSITIVITAS SOLUSI OPTIMAL PADA INTEGER LINEAR PROGRAMMING DI PERUSAHAAN ROTI LYLY BAKERY LAMONGAN," *J. Ilm. Mat.,* vol. 11, no. 03, pp. 468–477, 2023.
- [14] M. A.Ismail, N.Achmad, and S. L.Mahmud, "Analisis Sensitivitas dalam Optimalisasi Keuntungan Produksi Kue Ulang Tahun dengan Metode Branch and Bound," *J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.,* vol. 10, no. 2, pp. 282–291, 2022.
- [15] Junaidi, M. T.Afifudin, and D. P.Sahar, "OPTIMISASI BIAYA PRODUKSI DAN PENDAPATAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE GOAL PROGRAMMING PADA ISTANA ROTI DAN ES HILYAH BAKERY," *i tabaos,* vol. 3, no. 2, pp. 93–101, 2023.

- [16] T. T.Dimyati and A.Dimyati, *Operations Research*, 17th ed. Bandung: Sinar Baru Algensindo, 2020.
- [17] M. R.Borman and M.Oktavia, "One Vehicle Routing Problem as the Best Solution for a Hangout Catering Company Expansion Plan with Lingo Software," *Fakt. Exacta*, vol. 13, no. 4, pp. 216–231, 2021.
- [18] N. S.Kurnia, D.Septiawan, and N. F.Anggraeni, "Analisis Masalah Transshipment Menggunakan Software Lingo Di Pt.Sbt," *J. Ilm. Teknol. Infomasi Terap.*, vol. 6, no. 2, pp. 94–99, 2020.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.