

Metode *Cutting Plane* dan Analisis Sensitivitas pada Optimasi Keuntungan Penjualan Usaha Kue Putu Asli M*R

Moni Sarisa¹, Dewi Murni²

^{1,2}Prodi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang (UNP),

³Prodi Matematika, Universitas Negeri Padang

Article Info

Article history:

Received May 30, 2022

Revised August 03, 2022

Accepted September 15, 2022

Keywords:

Optimization

Cutting Plane Method

Sensitivity Analysis

Kata Kunci:

Optimasi

Metode *Cutting Plane*

Analisis Sensitivitas

ABSTRACT

The M*R Original Putu Cake business is located in Balingka village, IV Koto District, Agam Regency, West Sumatra. This business produces three types of putu cakes, namely white baked putu, black baked putu, and steamed putu. The purpose of this study is to determine the optimal amount of production using the cutting plane method and to determine the range of changes that can be made to the production factors using sensitivity analysis. The result gives, the optimal production quantities of white baked putu, black baked putu, and steamed putu are 9.998 packs, 4.835 packs, and 3.000 packs, respectively. Meanwhile, through sensitivity analysis, it is concluded that changes in production factors will not affect the optimal solution as long as it is within the range of the maximum upper limit and minimum lower limit according to the calculated output.

ABSTRAK

Usaha Kue Putu Asli M*R berada di Nagari Balingka, Kecamatan IV Koto, Kabupaten Agam, Sumatera Barat. Usaha ini memproduksi tiga jenis kue putu yaitu putu panggang putih, putu panggang hitam, dan putu kukus. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menghitung jumlah produksi optimal dengan metode *cutting plane* dan mengetahui rentang perubahan yang dapat dilakukan terhadap faktor-faktor produksi menggunakan analisis sensitivitas. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh jumlah produksi optimal dari putu panggang putih, putu panggang hitam, dan putu kukus masing-masing sebanyak 9.998 bungkus, 4.835 bungkus, dan 3.000 bungkus. Sedangkan melalui analisis sensitivitas disimpulkan bahwa perubahan faktor-faktor produksi tidak akan mempengaruhi solusi yang telah optimal selama berada dalam rentang batas atas maksimum dan batas bawah minimum sesuai dengan output yang telah dihitung.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Penulis pertama

(Moni Sarisa)

Prodi Matematika, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Universitas Negeri Padang, Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar barat, Padang Utara, Padang, 25171

Padang, Sumatera Barat

Email: monisaris29@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Usaha Kue Putu Asli M*R telah berdiri sejak tahun 2015. Usaha ini memproduksi tiga jenis kue putu yaitu putu panggang putih, putu panggang hitam, dan putu kukus. Proses produksi dilakukan berdasarkan ketersediaan bahan baku dan kapasitas penyimpanan. Oleh karena itu, usaha ini perlu mengoptimalkan jumlah produksi agar tidak terjadi kerugian akibat kurangnya perencanaan produksi. Masalah pengoptimalan jumlah produksi ini disebut dengan masalah



optimasi. Optimasi merupakan proses mencapai keadaan terbaik dengan mempertimbangkan penggunaan sumber daya yang dimiliki pabrik agar berjalan dengan efektif dan efisien[1]. Salah satu metode matematika yang dapat menyelesaikan permasalahan optimasi yaitu program linier. Program linier digunakan sebagai metode mencapai penyelesaian optimal dengan syarat fungsi yang ada adalah fungsi linier. Cara kerja program linier yaitu memaksimalkan atau meminimumkan fungsi tujuan terhadap beberapa kendala[2].

Terdapat dua metode untuk menyelesaikan program linier yaitu metode grafik dan metode simpleks yang akan menghasilkan solusi bilangan bulat dan solusi bilangan tidak bulat (pecahan). Dalam beberapa permasalahan di dunia usaha seperti jumlah produksi barang mengharuskan solusi dalam bilangan bulat. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan dari program linier yaitu program bilangan bulat (*integer programming*). Terdapat tiga metode yang digunakan untuk memperoleh solusi program bilangan bulat yaitu metode pembulatan, *branch and bound* dan *cutting plane*. Metode *branch and bound* menggunakan cabang atas dan cabang bawah untuk masing-masing variabel keputusan yang belum bernilai bilangan bulat sehingga setiap cabang tersebut menghasilkan cabang baru[3]. Kemudian metode *cutting plane* dengan menambahkan tambahan kendala baru yang disebut dengan potongan *gomory*.

Penelitian terkait pemecahan masalah menggunakan metode bilangan bulat sudah dilakukan oleh Siti Maslihah[4] yang menyimpulkan bahwa penggunaan metode *branch and bound* butuh penyelesaian lebih banyak dibandingkan metode *cutting plane* yang lebih efektif memperoleh solusi optimal dengan penambahan potongan *gomory*. Oleh karena itu, metode *cutting plane* lebih baik digunakan jika variabel penelitian tergolong sedikit sehingga dapat mempersingkat waktu pengerjaan.

Setelah memperoleh solusi optimal, perubahan faktor-faktor produksi yang dapat berubah sewaktu-waktu harus dipertimbangkan agar risiko kerugian dapat diminimalisir. Sehingga digunakan analisis sensitivitas untuk menghitung rentang perubahan faktor-faktor produksi. Faktor-faktor produksi yang mungkin mengalami perubahan yaitu koefisien fungsi tujuan dan nilai ruas kanan fungsi kendala [5].

Pada penelitian ini dilakukan pengoptimalan jumlah produksi terhadap tiga jenis kue putu yang diproduksi di Usaha Kue Putu Asli M*R menggunakan metode *cutting plane*. Kemudian dilakukan analisis sensitivitas untuk melihat rentang perubahan yang boleh dilakukan terhadap faktor-faktor produksi agar penyelesaian optimal yang telah diperoleh dapat dipertahankan.

2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian terapan menggunakan data primer yang didapat dari pemilik Usaha Kue Putu Asli M*R. Data yang digunakan merupakan data bulan Februari 2022. Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini agar lebih terstruktur yaitu:

- 1) Mengidentifikasi masalah pada Usaha Kue Putu Asli M*R
- 2) Mengumpulkan data penelitian yang terdiri dari data jenis produk, bahan baku yang digunakan beserta persediaannya, harga bahan baku, biaya produksi, biaya operasional, harga jual produk, jumlah produksi dan jumlah kapasitas penyimpanan.
- 3) Membentuk model matematis dari permasalahan pada Usaha Kue Putu Asli M*R. Langkah awal sebelum membentuk model matematis yaitu menentukan variabel keputusan, fungsi tujuan, dan batasan atau fungsi kendala. Kemudian memformulasikannya menjadi bentuk model program linier[6].

Bentuk umum dari program linier yaitu:

$$\text{Fungsi tujuan: maksimumkan/minimumkan } Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j \quad (1)$$

Kendala/batasan :

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq, =, \geq B_i, \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$X_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Dengan,

Z : fungsi tujuan yang akan dicari nilai optimalnya

C_j : Parameter fungsi tujuan ke- j

X_j : Variabel keputusan ke- j

a_{ij} : Parameter fungsi kendala ke- i untuk variabel keputusan ke- j

B_i : Sumber daya yang tersedia dalam kendala ke- i

- 4) Mengubah model program linier yang telah dibentuk menjadi bentuk standar untuk dimasukkan ke dalam tabel simpleks awal
- 5) Menyusun model ke dalam tabel simpleks awal
- 6) Menentukan nilai Z_j dan $Z_j - C_j$. Apabila nilai $Z_j - C_j \geq 0$ dan $B_i \geq 0$ solusi optimal diperoleh. Apabila $Z_j - C_j \leq 0$, maka dilanjutkan ke langkah berikutnya
- 7) Memilih kolom kunci, baris kunci, dan angka kunci
- 8) Merevisi baris kunci dan seluruh elemen pada baris kunci beserta nilai pada baris di luar baris kunci
- 9) Mengulangi langkah 7 dan 8 apabila nilai $Z_j - C_j$ dan B_i belum terpenuhi. Begitu seterusnya hingga diperoleh solusi optimal.
- 10) Apabila solusi optimal telah diperoleh, solusi optimal dari variabel keputusan berada pada kolom B_i
- 11) Apabila solusi optimal yang diperoleh belum berupa bilangan bulat, maka penyelesaian dilanjutkan dengan metode *cutting plane*. Langkah awal yaitu menentukan baris sumber yang akan digunakan sebagai persamaan kendala *gomory*[7]. Misalkan baris ke- i merupakan baris yang terpilih, maka persamaannya dalam baris ke- i tersebut adalah

$$X_i = B_i - \sum_{j=1}^n a_{ij}y_j \quad (4)$$

Selanjutnya pisahkan B_i dan a_{ij} menjadi bagian bulat dan bagian pecahan nonnegatif, sehingga diperoleh persamaan kendala *gomory* pertama sebagai berikut:

$$S_{g1} - \sum_{j=1}^n a_{ij}y_j = -f_i \quad (5)$$

Dengan,

S_g : variabel *slack* nonnegatif

f_i : bagian pecahan nonnegatif

y_j : variabel bukan basis

- 12) Memasukkan persamaan *gomory* awal ke baris terakhir tabel optimal simpleks
- 13) Menentukan kolom kunci, baris kunci, dan angka kunci kembali. Apabila solusi bilangan bulat belum terpenuhi, maka diulangi dengan menambahkan persamaan *gomory* berikutnya hingga diperoleh solusi berupa bilangan bulat.
- 14) Melakukan analisis sensitivitas yaitu perubahan koefisien fungsi tujuan dan nilai ruas kanan fungsi kendala
- 15) Memeriksa hasil perhitungan analisis sensitivitas menggunakan *software* LINDO 6.1
- 16) Menarik kesimpulan dari pengolahan data yang telah diperoleh.

3. HASIL DAN PAMBAHASAN

Berdasarkan wawancara yang peneliti lakukan bersama pemilik Usaha Kue Putu Asli M*R, diperoleh data jenis kue putu yang diproduksi pada bulan Februari 2022 seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis Produksi Kue Putu

Jenis produksi	Satuan
Putu Panggang putih	Bungkus
Putu Panggang hitam	Bungkus
Putu Kukus	Bungkus

Untuk memproduksi masing-masing jenis kue putu tersebut dibutuhkan bahan baku dan persediaannya seperti pada Tabel 2 dan Tabel 3.

**Tabel 2. Bahan Baku Produksi Kue Putu per Bungkus**

Bahan Baku	Satuan	Jenis Produk		
		Panggang Putih	Panggang Hitam	Kukus
Kelapa	Butir	0,2	0,2	0,24
Beras Ketan Putih	Kg	0,075	-	0,092
Gula	Kg	0,05	0,06	0,07
Vanili Sachet 2gr	Kg	0,01	0,01	0,01
Garam Halus	Kg	0,00008	0,00008	0,0001
Gula Aren	Kg	-	-	0,001
Beras Ketan Hitam	Kg	-	0,075	-

Tabel 3. Persediaan Bahan Baku untuk Bulan Februari 2022

Bahan Baku	Satuan	Jenis Produk			Total
		Panggang Putih	Panggang Hitam	Kukus	
Kelapa	Butir	2000	1000	1000	4000
Beras Ketan Putih	Kg	1500	-	500	2000
Gula	Kg	500	200	300	1000
Vanili Sachet 2gr	Kg	1000	500	500	2000
Garam Halus	Kg	1	1	1	3
Gula Aren	Kg	-	20	-	20
Beras Ketan Hitam	Kg	-	1000	-	1000

Agar tidak terjadi kelebihan dalam memproduksi, terdapat kapasitas penyimpanan maksimal seperti pada Tabel 4 dan total jumlah produksi selama bulan Februari dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Kapasitas Penyimpanan Produk

Jenis Produk	Jumlah Kapasitas Penyimpanan
Panggang Putih	10.000 Bungkus
Panggang Hitam	5.000 Bungkus
Kukus	3.000 Bungkus

Tabel 5. Jumlah Produksi pada Bulan Februari 2022

Jenis Produk	Jumlah Produksi
Panggang Putih	9.950 Bungkus
Panggang Hitam	4.820 Bungkus
Kukus	2.795 Bungkus

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan maka keuntungan produksi dapat dihitung dengan cara mengurangkan harga jual produk dengan total biaya produksi seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Keuntungan Produksi per Bungkus

Jenis Produk	Harga Jual	Biaya Produksi	Keuntungan
Panggang Putih	Rp4.000	Rp3.329,9	Rp670,1
Panggang Hitam	Rp4.000	Rp3.449,86	Rp550,1
Kukus	Rp5.000	Rp4.153,12	Rp846,9

Usaha Kue Putu Asli M*R akan menghitung jumlah produksi optimal berupa bilangan bulat untuk memperoleh keuntungan yang maksimal, sehingga dilakukan pengolahan data sebagai berikut:

3.1 Penemuan Solusi Menggunakan Metode *Cutting Plane*

Sebelum menghitung solusi bilangan bulat, maka langkah awal yaitu membentuk model matematis dengan langkah sebagai berikut:

1. Menentukan variabel keputusan

X_1 = jumlah putu panggang putih

X_2 = jumlah putu panggang hitam

X_3 = jumlah putu kukus

2. Menentukan fungsi tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mencari keuntungan yang maksimal dari masing-masing produk.

Sehingga persamaan fungsi tujuannya yaitu:

$$\text{Maksimumkan: } Z = 670,1X_1 + 550,1X_2 + 846,9X_3 \quad (6)$$

3. Menentukan fungsi kendala

Perumusan fungsi kendala diperoleh dari data ketersediaan bahan baku, jumlah kapasitas penyimpanan dan jumlah produksi selama bulan Februari 2022, sehingga fungsi kendalanya yaitu:

Kendala persediaan bahan baku:

$$\text{Kelapa} \quad : 0,2X_1 + 0,2X_2 + 0,24X_3 \leq 4000 \quad (7)$$

$$\text{Beras Ketan Putih} \quad : 0,075X_1 + 0,092X_3 \leq 2000 \quad (8)$$

$$\text{Gula} \quad : 0,05X_1 + 0,06X_2 + 0,07X_3 \leq 1000 \quad (9)$$

$$\text{Vanili} \quad : 0,01X_1 + 0,01X_2 + 0,01X_3 \leq 2000 \quad (10)$$

$$\text{Garam Halus} \quad : 0,00008X_1 + 0,00008X_2 + 0,0001X_3 \leq 3 \quad (11)$$

$$\text{Gula Aren} \quad : 0,001X_3 \leq 20 \quad (12)$$

$$\text{Beras Ketan Hitam} \quad : 0,075X_2 \leq 1000 \quad (13)$$

Kendala jumlah kapasitas penyimpanan:

$$X_1 \leq 10.000 \quad (14)$$

$$X_2 \leq 5.000 \quad (15)$$

$$X_3 \leq 3.000 \quad (16)$$

Kendala jumlah produksi:

$$X_1 \geq 9.950 \quad (17)$$

$$X_2 \geq 4.820 \quad (18)$$

$$X_3 \geq 2.795 \quad (19)$$

4. Mengubah fungsi tujuan dan fungsi kendala menjadi bentuk standar kemudian memasukkan ke dalam tabel simpleks awal seperti Tabel 7.



Tabel 7. Tabel Simpleks Awal

C_j		670,1	550,1	846,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-M	-M	-M	B_i
C_i	V_B	X_1	X_2	X_3	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	A_1	A_2	A_3		
0	S_1	0,2	0,2	0,24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.000
0	S_2	0,075	0	0,092	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.000
0	S_3	0,05	0,06	0,07	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000
0	S_4	0,01	0,01	0,01	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.000
0	S_5	0,00008	0,00008	0,0001	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
0	S_6	0	0	0,001	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
0	S_7	0	0,075	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000
0	S_8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.000
0	S_9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5.000
0	S_{10}	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3.000
-M	A_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	9.950
-M	A_2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	4.820
-M	A_3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	2.795
	Z_j																					
	$Z_j - C_j$																					

Iterasi dilakukan sebanyak enam kali hingga diperoleh solusi optimal pada iterasi ke-6 seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Tabel Simpleks Optimal

C_j		670,1	550,1	846,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-M	-M	-M	B_i	Rasio		
C_i	V_B	X_1	X_2	X_3	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	A_1	A_2	A_3				
0	S_1	0	0	0	1	0	-3,33333	0	0	0	0	-0,03333	0	-0,00667	0	0	0	0	0	0	0	313,3333	1,580	
0	S_2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-0,075	0	-0,092	0	0	0	0	0	0	0	974	-	
0	S_{12}	0	0	0	0	0	16,66667	0	0	0	0	-0,83333	0	-1,16667	0	1	0	0	-1	0	0	13,33	13,333	
0	S_4	0	0	0	0	0	-0,16667	1	0	0	0	-0,00167	0	0,001667	0	0	0	0	0	0	0	1821,67	182,180	
0	S_5	0	0	0	0	0	-0,00133	0	1	0	0	-1,3E-05	0	-6,7E-06	0	0	0	0	0	0	0	1,513333	18,930	
0	S_6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-0,001	0	0	0	0	0	0	0	17	-	
0	S_7	0	0	0	0	0	-1,25	0	0	0	1	0,0625	0	0,0875	0	0	0	0	0	0	0	637,5	8,513,33	
0	S_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	-1	0	0	0	50	-	
0	S_9	0	0	0	0	0	-16,6667	0	0	0	0	0,833333	1	1,166667	0	0	0	0	0	0	0	166,67	180	
0	S_{13}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	-1	0	205	-	
670,1	X_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,000	-	
550,1	X_2	0	1	0	0	0	16,66667	0	0	0	0	-0,83333	0	-1,16667	0	0	0	0	0	0	0	4,833,3	-4,820	
846,9	X_3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3,000	-	
	Z_j	670,1	550,1	846,9	0	0	9168,333	0	0	0	0	211,6833	0	205,1167	0	0	0	0	0	0	0	0	11900,517	
	$Z_j - C_j$	0	0	0	0	0	9168,333	0	0	0	0	211,6833	0	205,1167	0	0	0	M	M	M				

Pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa nilai $Z_j - C_j \geq 0$ dan $B_i \geq 0$ sehingga solusi optimal telah diperoleh. Jumlah produksi optimal putu panggang putih (X_1), putu panggang hitam (X_2), dan putu kukus (X_3) secara berturut-turut yaitu sebanyak 10.000 bungkus, 4.833,33 bungkus dan 3.000 bungkus dengan keuntungan maksimal (Z) sebesar Rp11.900.517. Akibat solusi optimal yang didapat memuat solusi bukan bilangan bulat, sehingga untuk memperoleh solusi bilangan bulat dilanjutkan dengan metode *cutting plane*.

5. Menambahkan kendala *gomory*.

Karena variabel keputusan yang belum bilangan bulat adalah X_2 , maka X_2 dipilih sebagai baris sumber dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_{g1} - 0,667S_3 - 0,167S_8 - 0,833S_{10} = -0,333 \tag{20}$$

Dengan,

S_{g1} : variabel *slack* pada kendala tambahan pertama (*gomory* 1)

Selanjutnya persamaan (19) ditambahkan ke baris terakhir tabel optimal simpleks seperti pada Tabel 9.

Panggang putih	Bungkus	9950	9.950	50	[0 ; 10.000]
Panggang hitam	Bungkus	4.820	4.820	13,33	[0 ; 4.833,3]
Kukus	Bungkus	2.795	2.795	205	[0 ; 3.000]

Pada Tabel 13 terlihat batas bawah minimum dari persediaan bahan baku kelapa yaitu 313,3 kg. Artinya, pabrik hanya boleh menurunkan persediaan bahan baku kelapa sejauh 3.686,7 kg. Begitupun untuk perubahan bahan baku lainnya, kapasitas penyimpanan dan jumlah produksi. Jadi, perubahan faktor-faktor produksi pada nilai ruas kanan fungsi kendala harus dilakukan dalam rentang perubahan yang telah dihitung seperti Tabel 13 agar solusi optimal dapat dipertahankan.

3.3 Pemeriksaan Solusi Menggunakan *Software* LINDO

Persamaan model program linier dari masalah pada Usaha Kue Putu Asli M*R harus diinputkan terlebih dahulu ke dalam tampilan awal *software* LINDO seperti pada Gambar 1.

```

File Edit Solve Reports Window Help
max 670.1x1+550.1x2+846.9x3
st
0.2x1+0.2x2+0.24x3<4000
0.075x1+0.092x3<2000
0.05x1+0.06x2+0.07x3<1000
0.01x1+0.01x2+0.01x3<2000
0.00008x1+0.00008x2+0.0001x3<3
0.001x3<20
0.075x2<1000
x1<10000
x2<5000
x3<3000
x1>9950
x2>4820
x3>2795

```

Gambar 1. Input Data pada Tampilan Awal *Software* LINDO

Klik menu “Solve” untuk melihat output dari data yang telah diinputkan dan pilih “Yes” pada kotak pertanyaan “Do Range (Sensitivity) Analysis” sehingga akan muncul output solusi optimal seperti pada Gambar 2 dan analisis sensitivitasnya seperti pada Gambar 3.

```

Reports Window
LP OPTIMUM FOUND AT STEP      0
OBJECTIVE FUNCTION VALUE
1)    0.1190052E+08
VARIABLE      VALUE      REDUCED COST
X1    10000.000000    0.000000
X2     4833.333496    0.000000
X3     3000.000000    0.000000
ROW  SLACK OR SURPLUS  DUAL PRICES
2)      313.333344      0.000000
3)      974.000000      0.000000
4)         0.000000     9168.333008
5)    1821.666626      0.000000
6)         1.513333      0.000000
7)         17.000000      0.000000
8)     637.500000      0.000000
9)         0.000000     211.683334
10)    166.666672      0.000000
11)         0.000000     205.116669
12)         50.000000      0.000000
13)         13.333333      0.000000
14)    205.000000      0.000000

```

Gambar 2. Output Solusi Optimal pada *Software* LINDO

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa:



- Objective Function Value* memberikan informasi nilai fungsi tujuan maksimum (keuntungan maksimal) yang dapat diperoleh sebesar Rp11.900.520.
- Value* memberikan informasi jumlah produksi optimal masing-masing variabel keputusan dengan $X_1 = 10.000$ (putu panggang putih), $X_2 = 4.833,33$ (putu panggang hitam) dan $X_3 = 3.000$ (putu kukus).

Berdasarkan Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa output *software* LINDO 6.1 sama dengan solusi optimal yang dihasilkan pada Tabel 8.

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:				
VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES		
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE	
X1	670.099976	INFINITY	211.683334	
X2	550.099976	175.814301	550.099976	
X3	846.900024	INFINITY	205.116669	

RIGHTHAND SIDE RANGES				
ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE RANGES		
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE	
2	4000.000000	INFINITY	313.333344	
3	2000.000000	INFINITY	974.000000	
4	1000.000000	10.000001	0.800000	
5	2000.000000	INFINITY	1821.666626	
6	3.000000	INFINITY	1.513333	
7	20.000000	INFINITY	17.000000	
8	1000.000000	INFINITY	637.500000	
9	10000.000000	16.000000	50.000000	
10	5000.000000	INFINITY	166.666672	
11	3000.000000	11.428572	142.857147	
12	9950.000000	50.000000	INFINITY	
13	4820.000000	13.333333	INFINITY	
14	2795.000000	205.000000	INFINITY	

Gambar 3. Output Analisis Sensitivitas pada Software LINDO

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa:

- Obj Coefficient Ranges* memberikan informasi rentang perubahan nilai koefisien fungsi tujuan (C_j) yang akan mempertahankan solusi optimal
- Righthand Side Ranges* memberikan informasi rentang perubahan nilai kanan fungsi kendala (B_i)
- Allowable Increase* berarti nilai kenaikan atau batas atas maksimum yang boleh terjadi tanpa mengubah solusi optimal.
- Allowable Decrease* berarti nilai penurunan atau batas bawah minimum yang boleh terjadi tanpa mengubah solusi optimal

Berdasarkan Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa output analisis sensitivitas *software* LINDO 6.1 sama dengan rentang perubahan yang dihasilkan pada Tabel 12 dan Tabel 13.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil olahan data disimpulkan bahwa jumlah produksi pada Usaha Kue Putu Asli M*R masih belum optimal. Hasil perhitungan menggunakan metode *cutting plane* menunjukkan jumlah produksi optimal untuk memperoleh keuntungan yang maksimal adalah 9.998 bungkus putu panggang putih, 4.835 bungkus putu panggang hitam, dan 3.000 bungkus putu kukus. Keuntungan yang diperoleh melalui metode *cutting plane* sebesar Rp11.900.093, lebih optimal dibanding keuntungan yang diperoleh sebelum menerapkan metode *cutting plane* yakni sebesar Rp11.686.062.

Berdasarkan perhitungan analisis sensitivitas, disimpulkan bahwa perubahan faktor-faktor produksi terhadap koefisien fungsi tujuan dan nilai kanan fungsi kendala selama berada pada rentang batas atas maksimum dan batas bawah minimum akan mempertahankan solusi optimal.

REFERENSI

- [1] Indah, Dewi Rosa, dan Purnita Sari. 2019. *Penerapan Model Linier Programming untuk Mengoptimalkan Jumlah Produksi dalam Memperoleh Keuntungan Maksimal (Studi Kasus pada Usaha Angga Perabot)*. Jurnal Manajemen Inovasi, 10(2), 98-115.
- [2] Carter, Michael W, Camille C Price, dan Gaith Rabadi. 2019. *Operations Research : A Practical Introduction, Second Edition*. Boca Raton : Taylor & Francis Group.
- [3] Hartono, Widi, Alfichri Dilian Yanuar Agus Putri, dan Sugiyarto. 2014. *Integer Programming dengan Pendekatan Metode Brach and Bound untuk Optimasi Sisa Material Besi (Waste) pada Plat Lantai (Studi Kasus: Pasar Elpabes Banjarsari Surakarta)*. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil, 2(2), 86-92.
- [4] Maslihah, Siti. 2015. *Metode Pemecahan Masalah Integer Programming*. Jurnal at-Taqaddum, 7(2), 211-226.
- [5] Syahrini, Intan, Radhiah, dan Faizah Amalina. 2019. *Mengoptimalkan Keuntungan Produksi Dengan Menggunakan Metode Branch And Bound Dan Metode Cutting Plane (Studi Kasus: Cindelallaatelier)*. Seminar Nasional Matematika dan Terapan, Vol 1, 923-30.
- [6] Wijaya, Andi. 2011. *Pengantar Riset Operasi*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- [7] Nico, Iryanto dan G. Tarigan. 2014. *Aplikasi Metode Cutting Plane dalam Optimisasi Jumlah Produksi Tahunan pada PT.XYZ*. Jurnal Sainika Matematika, 2(2), 127-136.