

Analisis Sensitivitas dalam Optimasi Keuntungan Produksi Kue Ulang Tahun dengan Metode *Branch and Bound*

Monalisa A. Ismail¹, Novianita Achmad², Sri Lestari Mahmud^{3*}

^{1,2,3} Program Studi Matematika, Universitas Negeri Gorontalo, Bone Bolango 96554, Indonesia

*Penulis Korespondensi. Email: sri.lestari@ung.ac.id

Abstrak

Perkembangan dunia usaha yang semakin cepat mengharuskan perusahaan yang bergerak dibidang industri, perdagangan, maupun layanan jasa untuk terus mengoptimalkan kegiatan usahanya sebagai upaya untuk memenangkan persaingan pasar. Mikaila Bakery merupakan salah satu usaha yang bergerak pada bidang produksi kue ulang tahun yang berlokasi di Provinsi Gorontalo. Pada usaha kue ulang tahun di Mikaila Bakery selama ini dalam menentukan jumlah produksi hanya ditentukan dengan perkiraan sehingga keuntungan tidak mencapai keuntungan yang optimal. Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui keuntungan optimal yang diperoleh dalam produksi kue ulang tahun di Mikaila bakery menggunakan metode branch and bound dan untuk mengetahui hasil analisis sensitivitas terhadap perubahan-perubahan koefisien fungsi tujuan dan fungsi kendala pada metode branch and bound. Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode branch and bound, toko kue Mikaila Bakery mendapatkan keuntungan yang optimal yaitu sebesar Rp 38.433.000 setiap bulannya atau naik sebesar Rp. 3,40% dari keuntungan sebelumnya. Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa keuntungan akan tetap berada pada kondisi optimal apabila usaha kue ulang tahun di Mikaila Bakery mengikuti perubahan-perubahan yang terjadi pada koefisien fungsi tujuan dan fungsi kendala berdasarkan dengan batas atas (upper bound) dan batas bawah (lowerbound) sesuai dengan output yang telah dihasilkan menggunakan software POM-QM.

Kata Kunci: Metode *Branch and Bound* ; Optimasi; Keuntungan; Analisis Sensitivitas

Abstract

The increasingly rapid development of the business world requires companies engaged in industry, trade, and services to continue to optimize their business activities to win the market competition. Mikaila Bakery is one of the businesses producing birthday cakes in Gorontalo Province. In the birthday cake business at Mikaila Bakery, so far, the amount of production is only determined by estimates, so profits do not reach optimal profits. This study aimed to determine the optimal profit obtained in the production of birthday cakes at Mikaila bakery using the branch and bound method and to determine the results of sensitivity analysis to changes in the objective function coefficients and constraint functions in the branch and bound method. The analysis results show that using the branch and bound method, Mikaila Bakery's cake shop gets an optimal profit of Rp. 38,433,000 per month or an increase of Rp. 3.40% of the previous profit. The results of the sensitivity analysis show that profits will remain in optimal conditions if the birthday cake business at Mikaila Bakery follows the changes that occur in the coefficient of the objective function and the constraint function based on the upper bound and lower bound according to the output. Which has been generated using POM-QM software.

Keywords: *Branch and Bound Method; Optimization; Profit; Sensitivity Analysis*

1. Pendahuluan

Dunia bisnis yang semakin pesat menuntut bisnis yang bergerak pada bidang industri, perdagangan dan jasa agar dapat meningkatkan kegiatan usaha dalam upaya untuk memenangkan persaingan pasar. Perkembangan bisnis industri dengan berkembangnya ilmu yang sangat pesat

menyebabkan banyak barang yang dijual dipasaran menjadi semakin ramai, jadi setiap bisnis harus memikirkan jadwal produksi yang sempurna [1]. Peningkatan produksi dan jadwal kegiatan produksi yang efisien dapat dilakukan oleh setiap perusahaan dengan memiliki perencanaan produksi. Perencanaan produksi merupakan perencanaan tentang produk apa saja dan berapa jumlah yang akan diproduksi oleh perusahaan dalam waktu satu periode yang akan datang. Perencanaan produksi bertujuan untuk optimasi produksi sehingga dapat memaksimalkan keuntungan [2].

Mikaila Bakery adalah salah satu bisnis yang bergerak pada bidang produksi kue ulang tahun yang berlokasi di Kabupaten Gorontalo Utara, Provinsi Gorontalo. Berdasarkan hasil wawancara dengan pemilik toko *Mikaila Bakery* diperoleh informasi bahwa selama ini jumlah produksi di *Mikaila Bakery* hanya ditentukan dengan cara perkiraan. Banyaknya kue ulang tahun yang dihasilkan terkadang tidak cocok dengan tujuan yang diinginkan, sehingga diperlukan solusi untuk mengoptimalkan bahan baku yang digunakan di *Mikaila Bakery* agar bisa memperoleh keuntungan yang maksimal. Salah satunya adalah metode *Branch and Bound*. Metode *Branch and Bound* sering digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan program linear karena hasil yang di peroleh dalam penyelesaian optimal lebih teliti dan lebih baik dari metode yang lain [3]. Penyelesaian dari metode *Branch and Bound* ialah untuk mencari solusi optimal yang dilakukan secara berulang hingga membentuk pohon pencarian (*search tree*) dan dilakukan pembatasan (*bounding*) dengan menentukan batas atas (*upper bound*) dan batas bawah (*lower bound*) [4].

Selain mencari solusi optimal, seringkali sangat berguna dilakukan suatu analisis untuk mengamati perubahan-perubahan yang terjadi pada koefisien fungsi tujuan dan konstanta ruas kanan fungsi kendala, serta dampaknya terhadap optimalitas. Analisis tersebut dinamakan analisis sensitivitas. Analisis sensitivitas menjelaskan sampai sejauh mana koefisien fungsi tujuan dan nilai ruas kanan kendala boleh berubah tanpa memengaruhi solusi optimal [5]. Hal ini berarti, dengan melakukan analisis sensitivitas, akibat yang mungkin terjadi dari perubahan-perubahan tersebut dapat diprediksi dan diantisipasi sebelumnya [6].

Beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait dengan masalah optimasi diantaranya yaitu penelitian yang dilakukan Pagiling, *et al.* [7] dan Supatimah, *et al.* [1]. Hasil penelitian menunjukkan hasil perhitungan keuntungan optimum baik di pabrik tahu tempe maupun di Sentral Me Laundry lebih optimal dibandingkan dengan hasil keuntungan sebelum menggunakan metode *Branch and Bound*. Jannah, *et al.* [8] membahas tentang Optimasi Hasil Produksi Tahu dan Tempe dengan Metode *Branch and Bound* dan Metode *Cutting Plane*. Hasil penelitian diperoleh bahwa metode *Branch and Bound* lebih efektif dari pada metode *Cutting Plane* untuk optimasi hasil produksi tahu dan tempe pada Pabrik Tahu Yanto. Adtria, *et al.* [9] meneliti tentang Optimalisasi produksi Makaroni menggunakan linear Programming dengan metode simpleks. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa hasil analisis metode simpleks menggunakan bantuan software POM-QM, diperoleh jumlah produksi yang meningkat sehingga didapatkan hasil yang optimal yaitu sebanyak 3.149 pcs makaroni dengan keuntungan sebesar Rp 10.571.300.

Berdasarkan uraian diatas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui keuntungan maksimal yang diperoleh dalam produksi kue ulang tahun di *Mikaila Bakery* menggunakan formulasi model *Branch and Bound* serta mengetahui hasil analisis sensitivitas terhadap perubahan-perubahan koefisien fungsi tujuan dan konstanta ruas kanan fungsi kendala pada model *Branch and Bound*.

2. Metode Penelitian

Langkah-langkah yang dapat diambil dalam menganalisis data penelitian ini antara lain:

1. Mengidentifikasi Masalah

Dalam penelitian akan melakukan analisis sensitivitas untuk meninjau jika ada perubahan pada bahan baku dan keuntungan yang diperoleh di setiap kue. Namun sebelum melakukan analisis

sensitivitas untuk memaksimalkan keuntungan yang diperoleh, terlebih dahulu dilakukan analisis optimasi keuntungan pada produksi kue ulang tahun dengan menggunakan metode *Branch and Bound*.

2. Mengumpulkan data

Data yang dibutuhkan berupa data kuantitatif yang diperoleh dari survei terhadap narasumber usaha toko kue ulang tahun. Data yang diperlukan yaitu:

- Data maksimum persediaan bahan baku kue ulang tahun selama 1 bulan (Juli 2021)
- Data jumlah produksi kue ulang tahun selama 1 bulan (Juli 2021)
- Data harga yang dijual, biaya produksinya dan keuntungan untuk setiap jenis kue ulang tahun.

3. Membuat model matematika dari data yang telah terkumpul

Metode yang digunakan ialah metode *Branch and Bound*, langkah-langkah sebagai berikut:

- Penentuan variabel keputusan
 - Penentuan fungsi tujuan
 - Penentuan fungsi kendala
- Menambahkan variabel slack untuk mengubah (\leq) menjadi persamaan ($=$), dan tambahkan variabel surplus untuk mengubah simbol (\geq) menjadi persamaan ($=$).
 - Membuat tabel simpleks dengan memasukan semua koefisien dari variabel keputusan, variabel slack dan surplus.
 - Mengoptimalkan banyaknya produksi kue ulang tahun di *Mikaila Bakery* untuk mencapai keuntungan yang optimal dengan metode simpleks.
 - Mengubah bilangan yang dihasilkan menjadi bilangan bulat dengan menggunakan metode *Branch and Bound*, jika nilai variabel keputusan yang dihasilkan bukan bilangan bulat.

8. Melakukan analisis sensitivitas

Analisis sensitivitas dapat dilakukan agar dapat menganalisis dampak dalam perubahan nilai parameter yang dapat meliputi nilai variabel dan batasan, misalnya perubahan yang terjadi pada besar keuntungan atau jumlah bahan baku yang digunakan di setiap varian jenis ukuran kue ulang tahun.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Variabel Keputusan

Penentuan variabel keputusan dalam pemecahan masalah optimasi dilakukan berdasarkan jenis ukuran yang diproduksi oleh *Mikaila Bakery*. Variabel keputusan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 11 variabel seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Keputusan

Variabel	Keterangan	Variabel	Keterangan
x_1	Kue berukuran 12×12 cm	x_7	Kue berukuran 24×24 cm
x_2	Kue berukuran 14×14 cm	x_8	Kue berukuran 26×26 cm
x_3	Kue berukuran 16×16 cm	x_9	Kue berukuran 28×28 cm
x_4	Kue berukuran 18×18 cm	x_{10}	Kue berukuran 30×30 cm
x_5	Kue berukuran 20×20 cm	x_{11}	Kue berukuran 40×40 cm
x_6	Kue berukuran 22×22 cm		

3.2 Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan merupakan fungsi yang menggambarkan tujuan yang berkaitan dengan pemanfaatan sumber daya secara optimal untuk memperoleh keuntungan maksimum [10]. Fungsi tujuan dalam penelitian ini adalah keuntungan dalam setiap kue dari tiap-tiap varian jenis kue ulang tahun yang diterima dari penjualan usaha kue ulang tahun *Mikaila Bakery*. Nilai keuntungan dapat diperoleh dari selisih harga jual dengan biaya produksi. Data keuntungan untuk setiap varian jenis ukuran kue dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Keuntungan, Harga Jual, dan Biaya Produksi, di Setiap Varian Jenis Ukuran Kue Ulang Tahun di *Mikaila Bakery*

Produk	Harga Jual	Biaya Produksi	Kuntungan
x_1	Rp 35.000	Rp 18.000	Rp 17.000
x_2	Rp 50.000	Rp 26.000	Rp 24.000
x_3	Rp 75.000	Rp 38.000	Rp 37.000
x_4	Rp 100.000	Rp 48.000	Rp 52.000
x_5	Rp 150.000	Rp 76.000	Rp 74.000
x_6	Rp 200.000	Rp 91.000	Rp 106.000
x_7	Rp 250.000	Rp 112.000	Rp 138.000
x_8	Rp 300.000	Rp 130.000	Rp 170.000
x_9	Rp 400.000	Rp 178.000	Rp 222.000
x_{10}	Rp 500.000	Rp 202.000	Rp 298.000
x_{11}	Rp 750.000	Rp 312.000	Rp 438.000

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh fungsi tujuan dari model pemrograman linier, berupa fungsi memaksimalkan, yaitu:

$$Z = 17000x_1 + 24000x_2 + 37000x_3 + 52000x_4 + 74000x_5 + 106000x_6 + 138000x_7 + 170000x_8 + 222000x_9 + 298000x_{10} + 438000x_{11} \quad (1)$$

3.3 Fungsi Kendala

Fungsi kendala merupakan suatu kendala yang dapat dikatakan sebagai suatu pembatas terhadap variabel-variabel keputusan yang dibuat [11]. Fungsi kendala dalam penelitian ini adalah fungsi yang membatasi jumlah sumber daya yang tersedia saat memproduksi setiap produk jenis ukuran kue ulang tahun di *Mikaila Bakery*. Dalam hal ini, model fungsi kendala terdiri dari batasan bahan baku dan batasan produksi. Data ketersediaan bahan baku untuk pembuatan kue ulang tahun dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	Ketersediaan
A	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	500	110.000
B	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	120.000
C	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	142.000
D	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	230.000
E	120	240	360	480	600	720	840	960	1080	1200	1320	275.000
F	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	120.000
G	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	54.000
H	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160	176	45.000
I	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	16.000
J	7,5	15	22,5	30	37,5	45	52,5	60	67,5	75	82,5	23.000
K	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	70	18.000
L	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	3.000
M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	8.000
N	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	5.000

Keterangan :

A = Terigu (g)	F = Telur (g)	K = Pasta coklat (g)
B = Gula(g)	G = Margarine (g)	L = Vanilla (g)
C = Cokelat batang(g)	H = Susu cair (g)	M = Soda kue (g)
D = Butter cream((g)	I = Pengembang kue(g)	N = Pewarna makanan (g)
E = Caramel (g)	J = Cokelat bubuk(g)	

Berdasarkan data ketersediaan bahan baku pada Tabel 3, diperoleh fungsi kendala dari model pemograman linier [12] yang disusun sebagai berikut:

1) Persediaan Terigu:

$$40x_1 + 80x_2 + 120x_3 + 160x_4 + 200x_5 + 240x_6 + 280x_7 + 320x_8 + 360x_9 + 400x_{10} + 500x_{11} \leq 110.000 \quad (2)$$

2) Persediaan Gula:

$$50x_1 + 100x_2 + 150x_3 + 200x_4 + 250x_5 + 3000x_6 + 350x_7 + 400x_8 + 450x_9 + 500x_{10} + 600x_{11} \leq 120.000 \quad (3)$$

3) Persediaan coklat batang:

$$60x_1 + 120x_2 + 180x_3 + 240x_4 + 300x_5 + 360x_6 + 420x_7 + 480x_8 + 540x_9 + 600x_{10} + 660x_{11} \leq 142.000 \quad (4)$$

4) Persediaan Butter Cream:

$$100x_1 + 200x_2 + 300x_3 + 400x_4 + 500x_5 + 600x_6 + 700x_7 + 800x_8 + 900x_9 + 1000x_{10} + 1100x_{11} \leq 230.000 \quad (5)$$

5) Persediaan Caramel:

$$120x_1 + 240x_2 + 360x_3 + 480x_4 + 600x_5 + 720x_6 + 840x_7 + 960x_8 + 1080x_9 + 1200x_{10} + 1320x_{11} \leq 275.000 \quad (6)$$

6) Persediaan telur:

$$50x_1 + 100x_2 + 150x_3 + 200x_4 + 250x_5 + 300x_6 + 350x_7 + 400x_8 + 450x_9 + 500x_{10} + 600x_{11} \leq 120.000 \quad (7)$$

7) Persediaan margarine:

$$20x_1 + 40x_2 + 60x_3 + 80x_4 + 100x_5 + 120x_6 + 140x_7 + 160x_8 + 180x_9 + 200x_{10} + 220x_{11} \leq 54.000 \quad (8)$$

8) Persediaan Susu Cair:

$$16x_1 + 32x_2 + 48x_3 + 64x_4 + 80x_5 + 96x_6 + 112x_7 + 128x_8 + 144x_9 + 160x_{10} + 176x_{11} \leq 45.000 \quad (9)$$

9) Persediaan Pengembang Kue:

$$5x_1 + 10x_2 + 15x_3 + 20x_4 + 25x_5 + 30x_6 + 35x_7 + 40x_8 + 45x_9 + 50x_{10} + 60x_{11} \leq 16.000 \quad (10)$$

10) Persediaan Coklat bubuk:

$$7,5x_1 + 15x_2 + 22,5x_3 + 30x_4 + 37,5x_5 + 45x_6 + 52,5x_7 + 60x_8 + 67,5x_9 + 75x_{10} + 90x_{11} \leq 23.000 \quad (11)$$

11) Persediaan Pasta Cokelat:

$$6x_1 + 12x_2 + 18x_3 + 24x_4 + 30x_5 + 36x_6 + 42x_7 + 48x_8 + 54x_9 + 60x_{10} + 70x_{11} \leq 18.000 \quad (12)$$

12) Persediaan Vanila:

$$0.2x_1 + 0.4x_2 + 0.6x_3 + 0.8x_4 + x_5 + 1.2x_6 + 1.4x_7 + 1.6x_8 + 1.8x_9 + 2x_{10} + 2.2x_{11} \leq 3.000 \quad (13)$$

13) Persediaan Soda Kue:

$$x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 + 5x_5 + 6x_6 + 7x_7 + 8x_8 + 9x_9 + 10x_{10} + 11x_{11} \leq 8.000 \quad (14)$$

14) Persediaan Pewarna Makanan:

$$5x_1 + x_2 + 1.5x_3 + 2x_4 + 2.5x_5 + 3x_6 + 3.5x_7 + 4x_8 + 4.5x_9 + 5x_{10} + 6x_{11} \leq 5.000 \quad (15)$$

15) Batasan Produksi

a) Produksi kue ulang tahun berukuran 12 x 12 cm

$$x_1 \geq 154 \quad (16)$$

b) Produksi kue ulang tahun berukuran 14 x 14 cm

$$x_2 \geq 160 \quad (17)$$

c) Produksi kue ulang tahun berukuran 16 x 16 cm

$$x_3 \geq 100 \quad (18)$$

d) Produksi kue ulang tahun berukuran 18 x 18 cm

$$x_4 \geq 92 \quad (19)$$

e) Produksi kue ulang tahun berukuran 20 x 20 cm

$$x_5 \geq 56 \quad (20)$$

f) Produksi kue ulang tahun berukuran 22 x 22 cm

$$x_6 \geq 46 \quad (21)$$

g) Produksi kue ulang tahun berukuran 24 x 24 cm

$$x_7 \geq 25 \quad (22)$$

h) Produksi kue ulang tahun berukuran 26 x 26 cm

$$x_8 \geq 20 \quad (23)$$

i) Produksi kue ulang tahun berukuran 28 x 28 cm

$$x_9 \geq 12 \quad (24)$$

g) Produksi kue ulang tahun berukuran 30 x 30 cm

$$x_{10} \geq 8 \quad (25)$$

h) Produksi kue ulang tahun berukuran 30 x 30 cm

$$x_{11} \geq 3 \quad (26)$$

3.4 Menyusun Tabel Simpleks

Metode simpleks merupakan salah satu bagian dari Linier Programming yang dipakai sebagai alat guna menyelesaikan persoalan yang melibatkan dua variabel keputusan atau lebih. Metode ini memanfaatkan pendekatan tabel yang disebut Simpleks [13]. Menyusun persamaan kedalam tabel

simpleks dilakukan dengan memasukan semua koefisien-koefisien dari variabel keputusan, variabel slack, dan variabel surplus. Dalam hal ini pencarian solusi awal menggunakan metode simpleks dilakukan dengan *Software* POM-QM. Selanjutnya, output tabel simpleks ditampilkan dalam bentuk gambar pada Gambar 1.

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11		RHS	Dual
Maximize	17000	24000	37000	52000	74000	106000	138000	170000	222000	298000	438000			
terigu	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	500	<=	110000	0
gula	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	<=	120000	0
cokelat batang	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	<=	142000	0
butter cream	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	<=	230000	0
caramel	120	240	360	480	600	720	840	960	1080	1200	1320	<=	275000	331,8182
telur	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	<=	120000	0
margarine	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	<=	54000	0
susu cair	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160	176	<=	45000	0
pembang kue	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	<=	16000	0
coklat bubuk	7,5	15	22,5	30	37,5	45	52,5	60	67,5	75	90	<=	23000	0
pasta coklat	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	70	<=	18000	0
vanila	,2	,4	,6	,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	<=	3000	0
soda kue	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	<=	8000	0
pewarna makanan	,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	<=	5000	0
kue ukuran 12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	>=	154	-22818,18
kue ukuran 14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	>=	160	-55836,36
kue ukuran 16	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	>=	100	-82454,55
kue ukuran 18	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	>=	92	-107272,7
kue ukuran 20	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	>=	56	-125090,9
kue ukuran 22	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	>=	46	-132909,1
kue ukuran 24	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	>=	25	-140727,3
kue ukuran 26	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	>=	20	-148545,5
kue ukuran 28	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	>=	12	-136363,6
kue ukuran 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	>=	8	-100181,8
kue ukuran 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	>=	3	0
Solution->	154	160	100	92	56	46	25	20	12	8	6,4242		38673820	

Gambar 1. Output solusi awal dari software POM-QM

Berdasarkan *output* pada Gambar 1, dari hasil menggunakan metode simpleks diperoleh hasil yaitu $x_1 = 154$, $x_2 = 160$, $x_3 = 100$, $x_4 = 92$, $x_5 = 56$, $x_6 = 46$, $x_7 = 25$, $x_8 = 20$, $x_9 = 12$, $x_{10} = 8$, $x_{11} = 6,4242$. Namun, masalah ini belum valid karena solusi yang dibutuhkan adalah solusi dengan bentuk bilangan bulat. Langkah selanjutnya dapat diselesaikan dengan metode *Branch and Bound* untuk memastikan bahwa solusi yang dihasilkan adalah bilangan bulat.

3.5 Analisis Metode Branch and Bound

Metode *Branch and Bound* merupakan salah satu metode untuk menghasilkan penyelesaian optimal program linier yang menghasilkan variabel-variabel keputusan bilangan bulat [14]. Langkah pertama dalam mencari solusi bilangan bulat adalah menentukan Batas Atas (BA) dan Batas Bawah (BB) dari solusi yang diperoleh dengan menggunakan metode simpleks. Batas Atas (BA) adalah solusi awal yang diperoleh sebelumnya. $x_1 = 154$, $x_2 = 160$, $x_3 = 100$, $x_4 = 92$, $x_5 = 56$, $x_6 = 46$, $x_7 = 25$, $x_8 = 20$, $x_9 = 12$, $x_{10} = 8$, $x_{11} = 6,4242$ dengan keuntungan sebesar (Z) = Rp 38.673.820 dan keuntungannya dijadikan batas atas (BA). Disisi lain, batas bawah (BB) adalah hasil pembulatan kebawah dari solusi awal yang diperoleh sebelumnya, $x_1 = 154$, $x_2 = 160$, $x_3 = 100$, $x_4 = 92$, $x_5 = 56$, $x_6 = 46$, $x_7 = 25$, $x_8 = 20$, $x_9 = 12$, $x_{10} = 8$, $x_{11} = 6$ dengan keuntungan (Z) = Rp 38.488.000. Setelah Batas Atas (BA) dan Batas Bawah (BB) ditentukan, langkah selanjutnya adalah percabangan variabel keputusan. Percabangan terus dilakukan sampai mendapatkan hasil terbaik.

Dari hasil analisis menggunakan metode *Branch and Bound*, maka diperoleh hasil yang maksimal yaitu keuntungan optimal (Z) adalah Rp 38.443.000 dengan diproduksinya kue ulang tahun per bulan untuk setiap kue ulang tahun adalah 159 kue ulang tahun berukuran 12×12 cm, 160 kue ulang tahun berukuran 14×14 cm, 100 kue ulang tahun berukuran 16×16 cm, 92 kue ulang tahun berukuran 18×18 cm, 56 kue ulang tahun berukuran 20×20 cm, 46 kue ulang tahun berukuran 22×22 cm, 25 kue ulang tahun berukuran 24×24 cm, 20 kue ulang tahun berukuran 26×26 cm, 12 kue ulang tahun berukuran 28×28 cm, 9 kue ulang tahun berukuran 30×30 cm, dan 5 kue ulang tahun berukuran 40×40 cm. Perbandingan keuntungan usaha kue ulang tahun *Mikaila Bakery*

sebelum dan sesudah menggunakan analisis metode *Branch and Bound* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan keuntungan

No.	Jenis Produk	Perusahaan		<i>Branch and Bound</i>	
		Jumlah Produksi	Keuntungan	Jumlah Produksi	Keuntungan
1.	Kue Ukuran 12 × 12 cm	154	Rp 2.618.000	159	Rp 2.703.000
2.	Kue Ukuran 14 × 14 cm	160	Rp 3.840.000	160	Rp 3.840.000
3.	Kue Ukuran 16 × 16 cm	100	Rp 3.700.000	100	Rp 3.700.000
4.	Kue Ukuran 18 × 18 cm	92	Rp 4.784.000	92	Rp 4.784.000
5.	Kue Ukuran 20 × 20 cm	56	Rp 4.144.000	56	Rp 4.144.000
6.	Kue Ukuran 22 × 22 cm	46	Rp 4.876.000	46	Rp 4.876.000
7.	Kue Ukuran 24 × 24 cm	25	Rp 3.450.000	25	Rp 3.450.000
8.	Kue Ukuran 26 × 26 cm	20	Rp 3.400.000	20	Rp 3.400.000
9.	Kue Ukuran 28 × 28 cm	12	Rp 2.664.000	12	Rp 2.664.000
10.	Kue Ukuran 30 × 30 cm	8	Rp 2.384.000	9	Rp 2.682.000
11.	Kue Ukuran 40 × 40 cm	3	Rp 1.314.000	5	Rp 2.190.000
Total		676	Rp 37.174.000	684	Rp 38.443.000

Berdasarkan Tabel 4, terlihat bahwa jumlah produksi dan keuntungan penjualan di toko kue *Mikaila Bakery* meningkat sebesar 3,4 % atau Rp 1.269.000 untuk setiap bulannya, setelah menggunakan metode *Branch and Bound*.

3.6 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas merupakan analisis yang dilakukan untuk mengamati perubahan-perubahan yang terjadi pada koefisien fungsi tujuan dan fungsi kendala. Analisis sensitivitas menjelaskan sampai sejauh mana koefisien fungsi tujuan dan fungsi kendala boleh berubah tanpa mempengaruhi solusi optimal [15]. Analisis sensitivitas dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak POM-QM dan memperoleh *output* yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
X1	154	0	17000	-Infinity	39818,18
X2	160	0	24000	-Infinity	79636,36
X3	100	0	37000	-Infinity	119454,5
X4	92	0	52000	-Infinity	159272,7
X5	56	0	74000	-Infinity	199090,9
X6	46	0	106000	-Infinity	238909,1
X7	25	0	138000	-Infinity	278727,3
X8	20	0	170000	-Infinity	318545,4
X9	12	0	222000	-Infinity	358363,6
X10	8	0	298000	-Infinity	398181,8
X11	6,4242	0	438000	327800	Infinity

Gambar 2. *Output* Perubahan Fungsi Tujuan

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai *Reduced Cost* untuk setiap variabel adalah 0 dimana menunjukkan bahwa penggunaan kesebelas variabel menguntungkan untuk diproduksi dan sudah optimal. Selanjutnya dalam tabel dihasilkan berupa rentang-rentang perubahan pada koefisien fungsi tujuan dimana terlihat bahwa batas bawah (*Lower Bound*) dan batas atas (*Upper Bound*) untuk perubahan koefisien pada fungsi tujuan. Untuk x_1 , maksimalnya sampai 39.818,80 yang berarti keuntungan tertinggi sebesar Rp. 39.818,80, untuk x_2 sebesar Rp. 79.636,36, untuk x_3 sebesar Rp.

119.454,50, untuk x_4 sebesar Rp. 159.090,90, untuk x_5 sebesar Rp. 199.090,90, untuk x_6 sebesar Rp. 238.909,10, untuk x_7 sebesar Rp. 278.727,30, untuk x_8 sebesar Rp. 318.545,40, untuk x_9 sebesar Rp. 358.818,18, untuk x_{10} sebesar Rp. 398.181,80, dan untuk x_{11} minimal laba yang diperoleh sebesar Rp 327.800 sampai tak terbatas.

Constraint	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
terigu	0	17947,88	110000	92052,13	Infinity
gula	0	5095,453	120000	114904,5	Infinity
cokelat batang	0	4500	142000	137500	Infinity
butter cream	0	833,3281	230000	229166,7	Infinity
caramel	331,8182	0	275000	270480	276000
telur	0	5095,453	120000	114904,5	Infinity
margarine	0	8166,668	54000	45833,33	Infinity
susu cair	0	8333,332	45000	36666,67	Infinity
pengembang kue	0	4509,546	16000	11490,46	Infinity
coklat bubuk	0	5764,318	23000	17235,68	Infinity
pasta coklat	0	4224,303	18000	13775,7	Infinity
vanila	0	2541,667	3000	458,3333	Infinity
soda kue	0	5701,909	8000	2298,091	Infinity
pewarna makanan	0	3850,955	5000	1149,045	Infinity
kue ukuran 12	-22818,18	0	154	0	191,6667
kue ukuran 14	-55636,36	0	160	0	178,8333
kue ukuran 16	-82454,55	0	100	0	112,5556
kue ukuran 18	-107272,7	0	92	0	101,4167
kue ukuran 20	-125090,9	0	56	0	63,5333
kue ukuran 22	-132909,1	0	46	0	52,2778
kue ukuran 24	-140727,3	0	25	0	30,381
kue ukuran 26	-148545,5	0	20	0	24,7083
kue ukuran 28	-136363,6	0	12	0	16,1852
kue ukuran 30	-100181,8	0	8	0	11,7667
kue ukuran 40	0	3,4242	3	-Infinity	6,4242

Gambar 3. Output Perubahan Fungsi Kendala

Pada Gambar 3, terlihat *original value* menunjukkan ketersediaan bahan baku pada usaha kue ulang tahun di *Mikaila bakery*. Dari penggunaan data yang sudah optimal adalah penggunaan caramel karena ditandai dengan nilai *slack/surplus* mencapai nol yang artinya solusi optimalnya sudah habis terpakai. Selanjutnya, dari penggunaan data bahan baku yang belum optimal yaitu: bahan baku terigu, gula, coklat batang, butter cream, telur, margarine, susu cair, pengembang kue, coklat bubuk, pasta coklat, vanilla, soda kue, dan pewarna makanan karena ditandai jika nilai *slack/surplus* lebih besar dari nol. Adapun nilai batas bawah (*lower bound*) dan batas atas (*upperbound*) menunjukkan hasil analisis sensitivitas dari produksi kue ulang tahun. Ini berarti bahwa fungsi nilai koefisien tidak mempengaruhi solusi optimal, sehingga anda dapat mengubah nilai koefisien berdasarkan nilai sesuai dengan batas bawah dan batas atas yang disarankan.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian dan analisis menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode *Branch and Bound*, toko kue *Mikaila Bakery* harus memproduksi 684 kue ulang tahun agar bisa memperoleh keuntungan yang optimal yaitu sebesar Rp 38.433.000 setiap bulannya. Jika dibandingkan dengan keuntungan sebelum menggunakan metode *Branch and Bound*, keuntungan diperoleh sebesar Rp. 37.174.000. Hal ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode *Branch and Bound*, keuntungan toko kue *Mikaila Bakery*, meningkat sebesar Rp. 3,40% atau sekitar Rp 1.259.000 setiap bulan. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa keuntungan akan tetap berada pada kondisi optimal apabila perubahan koefisien-koefisien fungsi tujuan bernilai lebih kecil atau sama dengan koefisien fungsi tujuan pada model awal.

Referensi

- [1] S. S. Supatimah, F. Farida, and S. Andriani, "Optimasi keuntungan dengan metode Branch and Bound," *AKSIOMA J. Mat. dan Pendidik. Mat.*, vol. 10, no. 1, pp. 13–23, Jul. 2019, doi: 10.26877/aks.v10i1.3145.
- [2] A. Pasaribu, *Implementasi Metode Branch and Bound dalam Mengoptimalkan Jumlah Produk guna Memaksimalkan Keuntungan (Studi Kasus: CV. Ridho Mandiri)*, Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara, 2018. [Online]. Available: <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/2675>.
- [3] A. A. Salim and A. Alfian, "Perencanaan Produksi Untuk Mengoptimalkan Keuntungan Dengan Metode Branch And Bound Di UKM 'X,'" *SAINTEK J. Ilm. Sains dan Teknol. Ind.*, vol. 5, no. 1, pp. 30–38, Jul. 2021, doi: 10.32524/saintek.v5i1.250.
- [4] D. N. Syafitri, K. Kamid, and N. Rarasati, "Pengoptimalan Jumlah Produksi Roti Menggunakan Metode Branch and Bound," *Imajiner J. Mat. dan Pendidik. Mat.*, vol. 3, no. 2, pp. 183–194, Mar. 2021, doi: 10.26877/imajiner.v3i2.8099.
- [5] S. Siswanto, *Operation Research*, 1ed. Jakarta: Erlangga, 2006.
- [6] A. Aminudin, *Prinsip-Prinsip Riset Operasi*. Jakarta: Erlangga, 2005.
- [7] R. K. D. Pagiling, A. Sahari, and R Rais, "Optimalisasi Hasil Produksi Tahu dan Tempe Menggunakan Metode Branch and Bound," *J. Ilm. Mat. dan Terap.*, vol. 12, no. 1, pp. 53–63, 2015.
- [8] R. Jannah, A. Arnellis, and R. Sriningsih, "Optimasi Hasil Produksi Tahu dan Tempe dengan Metode Branch and Bound dan Metode Cutting Plane," *UNP J. Math.*, vol. 3, no. 1, pp. 42–47, 2018.
- [9] 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, Mar. 2021, doi: 10.26877/imajiner.v3i2.8098.
- [10] U. Rafflesia and F. Widodo, *Pemograman Linier*. Bengkulu: Badan Penerbitan Fakultas Pertanian UNIB, 2014.
- [11] Sitorus, *Program Linier*. Jakarta: Universitas Trisakti, 1997.
- [12] A. Saryoko, "Metode Simpleks Dalam Optimalisasi Hasil Produksi," *INFORMATICS Educ. Prof. J. Informatics*, vol. 1, no. 1, pp. 27–36, 2016.
- [13] P. M. Pardalos, "Linear Programming," in *Encyclopedia of Optimization*, vol. 10, no. 1, Boston, MA: Springer US, 2001, pp. 1276–1278. doi: 10.1007/0-306-48332-7_261.
- [14] E. Safitri, S. Basriati, and H. Najmi, "Penerapan Metode Branch and Bound dalam Optimalisasi Produk Mebel (Studi kasus: Toko Mebel di Jalan Marsan, Panam)," *Kubik J. Publ. Ilm. Mat.*, vol. 5, no. 1, pp. 43–53, Oct. 2020, doi: 10.15575/kubik.v5i1.8611.
- [15] S. Siswanto, *Operation Research*, 1ed. Jakarta: Erlangga, 2006.