

Analisis Sensitivitas Model *Goal Programming* Pada Optimasi Produksi Roti Menggunakan Metode *Branch and Bound*

Rindawati Ahmad^{1*}, Muh Rifai Katili², Sri Lestari Mahmud³, Djihad Wungguli⁴, La Ode Nashar⁵

^{1,3,4}Program Studi Matematika, Universitas Negeri Gorontalo, Bone Bolango 96119, Indonesia

²Program Studi Teknik Informatika, Universitas Negeri Gorontalo, Bone Bolango 96119, Indonesia

⁵Program Studi Statistika, Universitas Negeri Gorontalo, Bone Bolango 96119, Indonesia

*Penulis Korespondensi. Email: rindawatiahmad5@gmail.com

Abstrak

Sya'qila Bakery merupakan industri manufaktur yang memproduksi roti dalam lima varian rasa. Perencanaan yang dilakukan oleh Sya'qila Bakery dalam proses produksi roti dinilai kurang optimal karena ketidakterbatasan jumlah produksi untuk setiap varian rasa yang mengakibatkan tidak cukupnya bahan baku dibebberapa waktu tertentu. Selain itu, proses produksi pesanan memerlukan total waktu penyelesaian (makespan) yang lama sehingga mengakibatkan terjadinya keterlambatan dalam penyelesaian produksi (mean tardines). Tujuan penelitian ini adalah mengoptimalkan total waktu penyelesaian, rata-rata waktu keterlambatan, pemakaian bahan baku yang digunakan dan mengoptimalkan pendapatan produksi. Pada penelitian ini menggunakan model Goal Programming dengan metode Branch and Bound. Hasil analisis dengan model Goal Programming menggunakan metode Branch and Bound memperoleh solusi optimal yaitu kelebihan total waktu penyelesaian (makespan) sebesar 36 menit, kelebihan rata-rata waktu keterlambatan (mean tardines) sebesar 6 menit, kelebihan bahan baku pada ketersediaan bahan baku seluruhnya bernilai nol, dan kekurangan pendapatan penjualan sebesar nol. Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa produksi roti di pabrik Sya'qila Bakery akan tetap optimal jika terjadi perubahan pada ketersediaan waktu penyelesaian produksi, keterlambatan waktu produksi, dan ketersediaan bahan baku selama perubahan yang terjadi pada variabel-variabel tersebut masih berada dalam batas toleransinya.

Kata Kunci: Analisis sensitivitas; Branch and Bound; Goal Programming; Makespan

Abstract

Sya'qila Bakery is a manufacturing industry that produces bread in five flavor variants. The planning carried out by Sya'qila Bakery in the bread production process is considered suboptimal due to the limitation in the quantity of production for each flavor variant, resulting in occasional shortages of raw materials. Additionally, the order production process requires a long total completion time (makespan), resulting in delays in production completion (mean tardiness). This research aims to optimize the total completion time, the average lateness, the use of raw materials, and production revenue. In this research, the Goal Programming model is utilized with the Branch and Bound method. The analysis results with the Goal Programming model using the Branch and Bound method obtain an optimal solution, which includes an excess of 36 minutes in total completion time (makespan), an excess of 6 minutes in average lateness (mean tardiness), no excess in the availability of raw materials, and zero sales revenue shortfall. Sensitivity analysis results indicate that bread production at Sya'qila Bakery will remain optimal if changes occur in the production completion time, production delay time, and raw material availability, as long as these changes remain within their tolerance limits.

Keywords: Sensitivity analysis; Branch and Bound; Goal Programming; Makespan

1. Pendahuluan

Sektor industri di Indonesia yang memiliki kontribusi yang paling utama dalam menyumbang perekonomian Indonesia adalah sektor industri manufaktur. Industri manufaktur adalah industri yang

dengan cepat mengubah produk mentah menjadi produk yang sudah terolah sehingga dapat digunakan oleh konsumen dan masyarakat [1]. Optimasi produksi dalam sektor industri manufaktur berperan penting untuk meningkatkan strategi bisnis. Strategi lama tidak selalu efektif di masa sekarang, sehingga perlu diperiksa secara berkelanjutan. Industri diharapkan memahami perencanaan produksi yang baik dan terus meningkatkan efisiensi serta kemampuan menghasilkan produk berkualitas untuk memenuhi pasar dan konsumen [2][3].

Sya'qila Bakery merupakan pabrik di Gorontalo yang memproduksi roti dengan berbagai varian yaitu varian Coklat, Coklat Kacang, Mocca, Selai dan roti belang. Sya'qila bakery memproduksi roti sebanyak 2400 roti setiap hari. Produksi roti di Sya'qila Bakery tersebar hingga ke beberapa daerah terdekat. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak pabrik diperoleh informasi bahwa Sya'qila bakery telah melakukan perencanaan hanya saja belum optimal. Ketidakterbatasan jumlah produksi untuk setiap satuan rasa selama proses produksi menjadi masalah yang perlu diatasi, karena dapat menyebabkan ketidakcukupan pada ketersediaan bahan baku. Selain itu, proses produksi pesanan memerlukan total waktu penyelesaian (makespan) yang lama sehingga mengakibatkan terjadinya keterlambatan dalam penyelesaian produksi (mean tardines). Pendekatan yang sesuai untuk masalah proses produksi adalah menggunakan metode branch and bound dengan model goal programming [4].

Goal programming merupakan metode yang efektif dalam menyelesaikan beberapa fungsi tujuan berdasarkan kendala yang ada dimana terdapat tingkatan atau target pencapaian untuk setiap tujuan [5]. Model goal programming berbeda dengan metode lainnya dikarenakan model ini dapat menyelesaikan lebih dari satu tujuan yang diinginkan suatu instansi seperti mengoptimalkan pendapatan, mengoptimalkan bahan baku yang digunakan serta mengoptimalkan total waktu produksi dan keterlambatan waktu produksi. Apabila model goal programming memiliki solusi optimal yang belum bernilai integer maka solusi tersebut dioptimalkan kembali dengan menggunakan pendekatan branch and bound sehingga menghasilkan solusi yang berupa bilangan bulat [6].

Algoritma Branch and Bound dilakukan berulang kali hingga membentuk sebuah struktur pohon pencarian (search tree) dimana proses pembatasan (bounding) dilakukan dengan menetapkan batasan untuk mencari solusi optimal [7]. Keunggulan algoritma ini terletak pada keakuratannya yang lebih tinggi dibandingkan metode lain, karena seringkali menghasilkan lebih dari satu solusi optimal. Akar pencabangan yang bernilai integer dan memenuhi kriteria pembatasan optimal yang ditentukan merupakan solusi terbaik yang dipilih [8].

Penelitian yang dilakukan oleh [9] penelitian ini menggunakan metode goal programming dapat mengoptimasi jumlah produksi keripik di PT. Casava Chips untuk memenuhi permintaan konsumen, memaksimalkan pendapatan penjualan dan meminimalkan biaya produksi namun pada penelitian tersebut ialah tidak melakukan perencanaan pada waktu produksi. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh [10] yang menggunakan metode branch and bound dapat mengoptimalkan keuntungan pada produksi spring bed dengan software QM for Windows V5. Namun pada penelitian tersebut tidak dapat merencanakan perubahan jumlah produksi tiap tipe springbed jika terjadi kekurangan bahan baku. Sehingga diperlukan analisis sensitivitas untuk menyesuaikan jumlah produksi dengan ketersediaan bahan baku.

Analisis sensitivitas dapat mempertimbangkan perubahan pada koefisien fungsi tujuan dan fungsi kendala serta pengaruhnya terhadap tingkat optimalitas. Analisis ini umumnya disebut sebagai analisis sensitivitas. Analisis sensitivitas dapat digunakan untuk mengetahui sejauh mana koefisien fungsi tujuan dan nilai ruas kanan kendala dapat mengalami perubahan tanpa mempengaruhi nilai solusi optimal yang telah ditemukan. Analisis sensitivitas juga dapat digunakan untuk memprediksi dan mengantisipasi konsekuensi yang mungkin timbul akibat perubahan-perubahan tersebut sebelumnya [11]. Hal ini berarti bahwa dengan melakukan analisis sensitivitas, dampak yang mungkin terjadi akibat perubahan-perubahan tersebut dapat diantisipasi dan diprediksi sebelumnya [5].

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan mengoptimalkan produksi menggunakan analisis sensitivitas model goal programming dengan menggunakan metode branch and bound. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan total waktu penyelesaian, rata-rata waktu keterlambatan, pemakaian bahan baku yang digunakan dan mengoptimalkan pendapatan produksi.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan studi kasus pabrik Sya'qila Bakery. Penelitian ini melakukan studi literatur yang bersumber dari buku, jurnal, dan artikel terkait lainnya. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dengan meninjau serta wawancara secara langsung. Langkah-langkah dalam menganalisis data penelitian antara lain:

1. Menelusuri jurnal dan referensi
2. Mengidentifikasi masalah dengan melakukan wawancara dan meninjau secara langsung
3. Mengumpulkan data
Data yang diperoleh dari observasi secara langsung yaitu:
 - a. Data waktu produksi roti
 - b. Data Pendapatan pabrik sya'qila bakery
 - c. Data pemakaian bahan baku dan ketersediaan bahan baku
4. Mengolah data yang diperoleh dengan model goal programming menggunakan metode branch and bound dengan bantuan software Lingo 18.0
5. Melakukan Analisis sensitivitas

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Variabel Keputusan

Variable keputusan dalam pemecahan masalah optimasi produksi dilakukan berdasarkan jenis roti yang di produksi pabrik Sya'qila Bakery. Variabel yang digunakan antara lain:

- x_1 = Roti dengan varian coklat
- x_2 = Roti dengan varian coklat kacang
- x_3 = Roti dengan varian mocca
- x_4 = Roti dengan varian selai
- x_5 = Roti dengan varian belang

3.2 Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan pada penelitian ini adalah mengoptimalkan makespan, mengoptimalkan mean tardines, mengoptimalkan pendapatan serta mengoptimalkan pemakaian bahan baku. Data Penelitian yang diperoleh dari pabrik dapat dilihat pada Tabel 1 s.d Tabel 3.

Tabel 1. Data Waktu Produksi

Jenis Produk	Banyak produk yang dihasilkan dalam 1 kali produksi (pcs/hari)	Batasan waktu yang dibutuhkan(me nit)	Batasan waktu yang dibutuhkan untuk setiap kemasan (menit)	Makespan untuk setiap kemasan (menit)	Mean tardines untuk setiap kemasan(menit)
x_1	475	106,9	0,225	0,240	0,015
x_2	227	51	0,225	0,240	0,015
x_3	150	33,75	0,225	0,240	0,015
x_4	121	27,2	0,225	0,240	0,015
x_5	225	50,6	0,225	0,240	0,015

Tabel 2. Data Pendapatan Pabrik

Jenis Produk	Harga Jual	Pendapatan/hari
x_1	2000	
x_2	2000	
x_3	2000	4.800.000
x_4	2000	
x_5	2000	

Tabel 3. Data Pemakaian bahan baku dan ketersediaan bahan baku

Bahan baku	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Ketersediaan bahan baku dalam satu kali produksi (gr)
Tepung Terigu	41,66	41,66	41,66	41,66	41,66	100.000
SKM	1,0416	1,0416	1,0416	1,0416	1,0416	2500
Air Mineral	20,833	20,833	20,833	20,833	20,833	50.000
Pelembut	0,2083	0,2083	0,2083	0,2083	0,2083	500
Mentega	5,5	5,5	10	5,5	5,5	15.000
Garam	0,416	0,416	0,416	0,416	0,416	1000
Gula	7,7	7,7	11	7,7	7,7	20.000
Ragi	0,416	0,416	0,416	0,416	0,416	1000
Coklat	10	8	-	-	15	20.000
Kacang	-	3,3	-	-	-	1500
Pasta Mocca	-	-	3,33	-	-	1000
Selai	-	-	-	4	-	1000

Berdasarkan data pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3, diperoleh fungsi tujuan dari model goal programming, yaitu:

$$\text{Min} = \sum_{a=1}^4 z_a$$

dimana

$$\sum_{a=1}^4 z_a = d_1^+ + d_2^+ + d_3^- + \sum_{i=4}^{15} d_i^+$$

Meminimumkan Z adalah meminimumkan penyimpangan positif atau deviasi positif pada kelebihan makespan atau total waktu penyelesaian (d_1^+), penyimpangan positif atau deviasi positif pada kelebihan mean tardines atau keterlambatan waktu produksi (d_2^+), penyimpangan negatif atau deviasi negatif pada kekurangan pendapatan pabrik (d_3^-), dan penyimpangan positif atau deviasi positif pada kelebihan bahan baku (d_4^+).

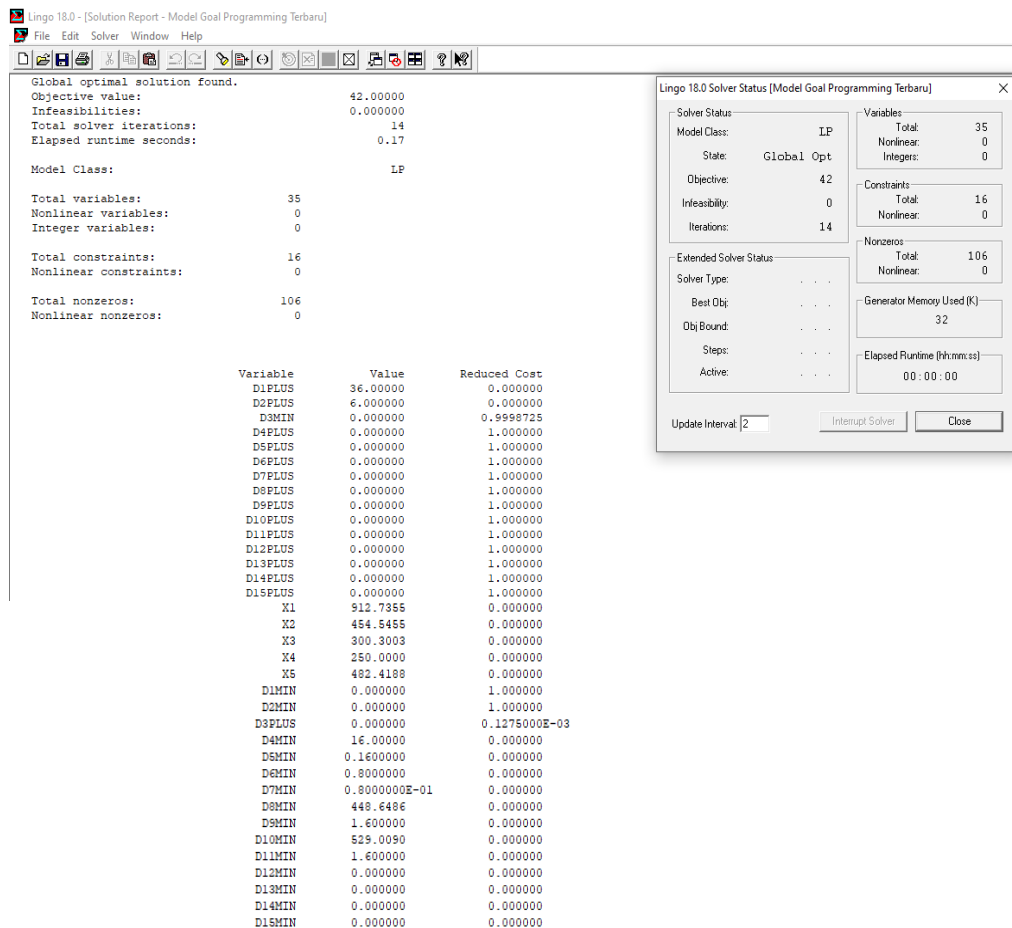
3.3 Fungsi Kendala

Fungsi kendala pada penelitian ini terdiri dari kendala makespan, kendala mean tardines, kendala pendapatan dan kendala bahan baku. Fungsi kendala dengan model goal programming antara lain:

1. $0.240x_1 + 0.240x_2 + 0.240x_3 + 0.240x_4 + 0.240x_5 + d_1^- - d_1^+ = 540$
(kendala makespan)

2. $0.015x_1 + 0.015x_2 + 0.015x_3 + 0.015x_4 + 0.015x_5 + d_2^- - d_2^+ = 30$
(kendala mean tardines)
3. $2000x_1 + 2000x_2 + 2000x_3 + 2000x_4 + 2000x_5 + d_3^- - d_3^+ = 4.800.000$
(kendala pendapatan pabrik)
4. $41,66x_1 + 41,66x_2 + 41,66x_3 + 41,66x_4 + 41,66x_5 + d_4^- - d_4^+ = 100.000$
(kendala bahan baku tepung terigu)
5. $1,0416x_1 + 1,0416x_2 + 1,0416x_3 + 1,0416x_4 + 1,0416x_5 + d_5^- - d_5^+ = 2500$
(kendala bahan baku susu kental manis)
6. $20,833x_1 + 20,833x_2 + 20,833x_3 + 20,833x_4 + 20,833x_5 + d_6^- - d_6^+ = 50.000$
(kendala bahan baku air mineral)
7. $0,2083x_1 + 0,2083x_2 + 0,2083x_3 + 0,2083x_4 + 0,2083x_5 + d_7^- - d_7^+ = 500$
(kendala bahan baku air pelembut)
8. $5,5x_1 + 5,5x_2 + 10x_3 + 5,5x_4 + 5,5x_5 + d_8^- - d_8^+ = 15.000$
(kendala bahan baku air mentega)
9. $0,416x_1 + 0,416x_2 + 0,416x_3 + 0,416x_4 + 0,416x_5 + d_9^- - d_9^+ = 1000$
(kendala bahan baku garam)
10. $7,7x_1 + 7,7x_2 + 11x_3 + 7,7x_4 + 7,7x_5 + d_{10}^- - d_{10}^+ = 20.000$
(kendala bahan baku gula)
11. $0,416x_1 + 0,416x_2 + 0,416x_3 + 0,416x_4 + 0,416x_5 + d_{11}^- - d_{11}^+ = 1000$
(kendala bahan baku ragi)
12. $10x_1 + 8x_2 + 15x_5 + d_{12}^- - d_{12}^+ = 20.000$
(kendala bahan baku coklat)
13. $3,3x_2 + d_{13}^- - d_{13}^+ = 1500$
(kendala bahan baku kacang)
14. $3,33x_3 + d_{14}^- - d_{14}^+ = 1000$
(kendala bahan baku mocca)
15. $4x_4 + d_{15}^- - d_{15}^+ = 1000$
(kendala bahan baku selai)

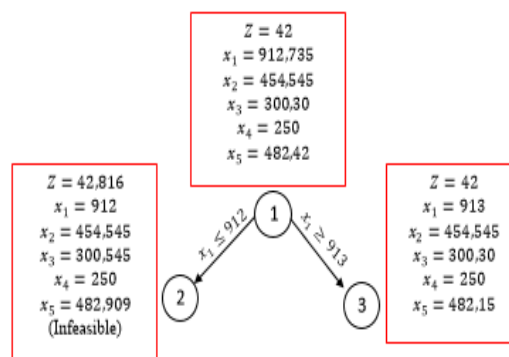
Model Goal Programming diatas, diaplikasikan menggunakan LINGO 18.0 untuk menentukan solusi optimalnya. Selanjutnya solusi optimal ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Solusi Optimal Goal Programming menggunakan Lingo 18.0

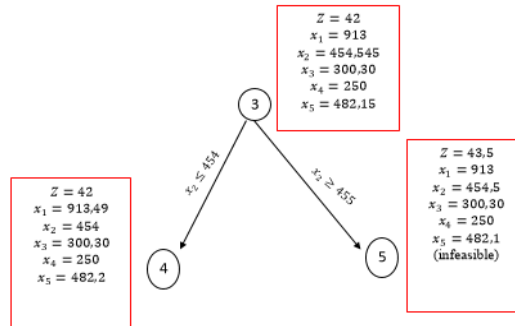
3.4 Formulasi model goal programming pada metode branch and bound

Berdasarkan model Goal Programming diatas, diperoleh solusi optimal yang disajikan pada sub masalah 1 yaitu: $Z = 42$, $x_1 = 912,735$, $x_2 = 454,545$, $x_3 = 300,30$, $x_4 = 250$, $x_5 = 482,42$, karena x_1 belum bernilai integer sehingga variabel x_1 menjadi variabel pencabangan. Kemudian variabel x_1 dilakukan pencabangan menjadi dua sub-masalah yaitu sub-masalah 2 dan sub-masalah 3. Untuk sub masalah 1 ditambahkan batas $x_1 \leq 912$ dan sub-masalah 2 ditambahkan batas $x_1 \geq 913$. Kemudian mencari solusi penyelesaian dari setiap masalah. Pencabangan untuk variabel x_1 dapat dilihat pada Gambar 2.



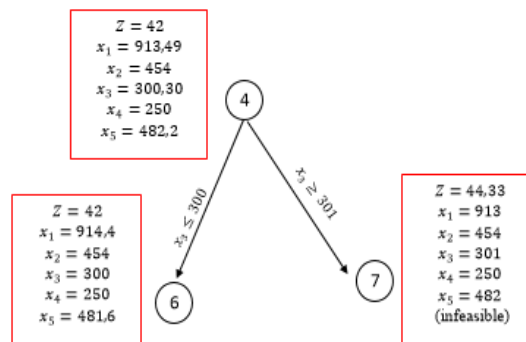
Gambar 2. Pohon Pencabangan Metode Branch and Bound

Berdasarkan gambar 2, diperoleh solusi $x_1 \leq 912$ dan $x_1 \geq 913$ sudah menghasilkan nilai yang integer. Pada sub-masalah 2 tidak lagi menghasilkan percabangan karena fungsi tujuannya melewati batasan fungsi tujuan atau nilai z pada sub-masalah 1 sedangkan sub-masalah 3 dilakukan kembali percabangan dikarenakan nilai x_2 belum bernilai integer. Variabel x_2 dicabangkan menjadi dua sub-masalah yaitu sub-masalah 4 dan sub-masalah 5 yang masing-masing diberi batas $x_2 \leq 454$ dan $x_2 \geq 455$. Kemudian mencari solusi penyelesaian dari setiap masalah. Pencabangan untuk variabel x_2 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pohon Pencabangan Metode Branch and Bound

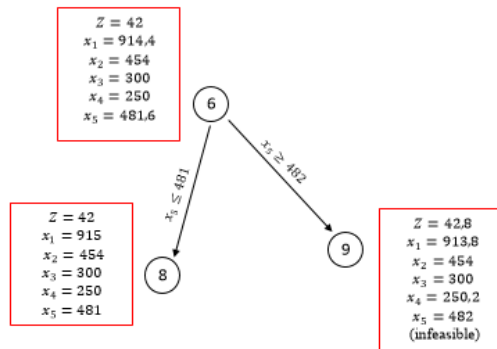
Berdasarkan Gambar 3, diperoleh solusi $x_2 \leq 454$ dan $x_2 \geq 455$ sudah menghasilkan nilai yang integer. Pada sub-masalah 4 dilakukan kembali percabangan karena nilai x_3 belum bernilai integer sedangkan sub-masalah 5 sudah tidak lagi menghasilkan percabangan dikarenakan fungsi tujuannya lebih dari nilai sub-masalah 1. Variabel x_3 dicabangkan menjadi dua sub-masalah yaitu sub-masalah 6 dan sub-masalah 7 yang masing-masing diberi batas $x_3 \leq 300$ dan $x_3 \geq 301$. Kemudian mencari solusi penyelesaian dari setiap masalah. Pencabangan untuk variabel x_3 dapat



dilihat pada Gambar 4.

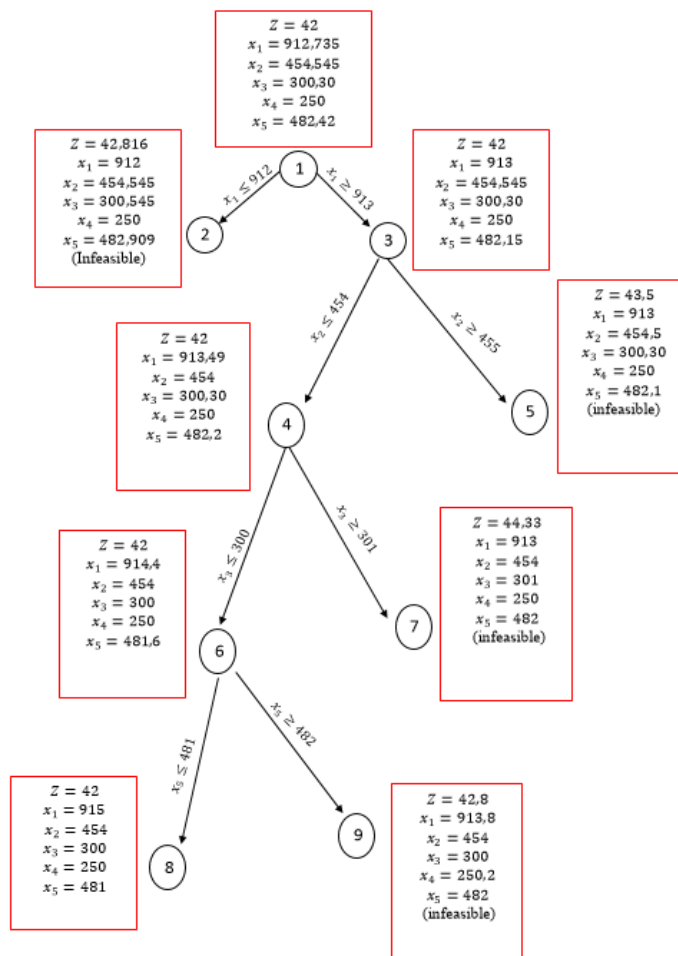
Gambar 4. Pohon Pencabangan Metode Branch and Bound

Berdasarkan gambar 4, diperoleh sub-masalah dengan batas $x_3 \leq 300$ dan $x_3 \geq 301$ sudah menghasilkan nilai yang integer. Pada sub-masalah 6 dilakukan kembali percabangan dikarenakan nilai x_5 belum bernilai integer sedangkan sub-masalah 7 tidak lagi menghasilkan percabangan dikarenakan fungsi tujuannya melewati nilai dari batasan sub-masalah 1. Variabel x_5 dicabangkan menjadi dua sub-masalah yaitu sub-masalah 8 dan sub-masalah 9 yang masing-masing diberi batas $x_5 \leq 481$ dan $x_5 \geq 482$. Kemudian mencari solusi penyelesaian dari setiap masalah. Pencabangan untuk variabel x_5 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pohon Pencabangan Metode Branch and Bound

Setelah dilakukan percabangan sebanyak 4 kali percabangan maka diperoleh solusi optimal yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pohon Pencabangan Metode Branch and Bound

Berdasarkan Gambar 6 terlihat bahwa solusi optimum untuk algoritma branch and bound terdapat pada sub-masalah 8 untuk fungsi tujuan meminimalkan waktu produksi, mamaksimumkan pendapatan dan meminimumkan pemakaian bahan baku. Karena semua variabel pada sub-masalah 8 sudah bernilai integer dan sub masalah 9 bernilai lebih dari nilai z pada sub masalah 1, maka proses percabangan tidak dilanjutkan atau berhenti. Solusi optimal dapat disajikan kembali yaitu:

$$Z = 42, \quad x_1 = 915, \quad x_2 = 454, \quad x_3 = 300, \quad x_4 = 250, \quad x_5 = 481.$$

3.5 Analisis Sensitivitas

Setelah mendapatkan solusi yang optimal, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis sensitivitas terhadap koefisien dari fungsi tujuan dan fungsi kendala[5]. Tujuan dari analisis sensitivitas ini adalah membantu Pabrik Sya'qila Bakery dalam mengambil keputusan yang lebih baik untuk memperoleh perencanaan yang optimal dalam usahanya menjual Roti.

Tabel 4. Solusi Optimal menggunakan Lingo 18.0

Variabel	Nilai	Biaya yang dikurangi
x_1	915	0,255
x_2	454	0,255
x_3	300	0,255
x_4	250	4,255
x_5	481	0,255

Reduced cost mengacu pada perubahan nilai optimal fungsi tujuan saat suatu produk yang seharusnya tidak diproduksi tetap diproduksi, jika produk tersebut memiliki reduced cost yang lebih besar dari nol itu menandakan bahwa produk tersebut tidak menguntungkan. Namun apabila nilai reduced cost sama dengan nol itu menunjukkan bahwa produk tersebut menguntungkan untuk diproduksi. Pada Tabel 4. dapat dilihat bahwa nilai Reduced Cost untuk setiap variabel bernilai lebih besar dari 0, hal ini menunjukkan bahwa produk tersebut tidak menguntungkan untuk di produksi.

3.5.1 Perubahan pada fungsi tujuan

Analisis sensitivitas untuk mengetahui seberapa besar nilai atau jumlah perubahan yang masih diperbolehkan, sehingga tidak mempengaruhi hasil kombinasi produk optimal[5]. Dari hasil perhitungan pada kondisi optimal, diketahui bahwa terdapat batasan jika nantinya terjadi perubahan pada nilai dari setiap roti yang diproduksi oleh Sya'qila Bakery.

Tabel 5. Perubahan nilai koefisien fungsi tujuan

Variabel	Koefisien Saat Ini	Kenaikan yang diperbolehkan	Penurunan yang diperbolehkan
d_1^+	1	8332.271	1
d_2^+	1	133316.3	1
d_3^-	1	INFINITY	0.9998725
d_4^+	1	INFINITY	1
d_5^+	1	INFINITY	1
d_6^+	1	INFINITY	1
d_7^+	1	INFINITY	1
d_8^+	1	INFINITY	1
d_9^+	1	INFINITY	1
d_{10}^+	1	INFINITY	1
d_{11}^+	1	INFINITY	1
d_{12}^+	1	INFINITY	1
d_{13}^+	1	INFINITY	1
d_{14}^+	1	INFINITY	1
d_{15}^+	1	INFINITY	1

Selanjutnya, Tabel 5 tersebut memberikan rentang perubahan koefisien fungsi tujuan yang menggambarkan bahwa penambahan yang diperbolehkan (Allowable increase) dan penurunan yang diperbolehkan (Allowable decrease) untuk perubahan koefisien fungsi tujuan seperti d_1^+ penurunan yang diperbolehkan sebesar 1 dan kenaikan yang diperbolehkan sebesar 8332.71, d_2^+ penurunan yang diperbolehkan sebesar 1 dan kenaikan yang diperbolehkan sebesar 133316.3, d_3^+ penurunan yang

diperbolehkan sebesar 0.9998725 dan kenaikan yang diperbolehkan sebesar tak terhingga, d_4^+ penurunan yang diperbolehkan sebesar 1 dan kenaikan yang diperbolehkan sebesar tak terhingga hingga d_{15}^+ dimana penurunan yang diperbolehkan sebesar 1 dan penambahan yang diperbolehkan adalah tak terhingga.

3.5.2 Perubahan pada fungsi kendala

Analisis dual dilakukan untuk mengevaluasi penilaian terhadap ketersediaan bahan baku yang tersedia dan untuk mengevaluasi keputusan dalam proses produksi dengan memperhatikan slack/surplus dan nilai dualnya. Nilai dual (Dual value) mewakili perubahan yang akan terjadi pada fungsi kendala jika setiap kendala mengalami perubahan sebesar satu satuan. Jika slack/surplus lebih besar dari nol dan nilai dual sama dengan nol maka kendala tersebut digolongkan sebagai kendala yang berlebihan[5][16]. Pada tabel 6, terlihat RHS menunjukkan perubahan pada fungsi kendala di pabrik Sya'qila Bakery.

Tabel 6. Perubahan Nilai Fungsi Kendala

Baris	Koefisien Fungsi Tujuan	Kenaikan yang diperbolehkan	Penurunan yang diperbolehkan
2	540	36	INFINITY
3	30	6	INFINITY
4	4800000	76.80123	300000
5	100000	INFINITY	16
6	2500	INFINITY	0.16
7	50000	INFINITY	0.8
8	500	INFINITY	0.8
9	15000	INFINITY	1800
10	1000	INFINITY	1.6
11	20000	INFINITY	529.0090
12	1000	INFINITY	1.6
13	20000	4563.677	2412.094
14	1500	2151.448	1500
15	1000	533.8182	803.2273
16	1000	1216.981	964.8376

Tabel 6 menunjukkan seberapa besar kenaikan atau penurunan kapasitas setiap kendala tanpa mengubah solusi optimal yang diperoleh. Dapat diketahui bahwa makespan yang ada dapat dinaikkan sampai 36 menit dan penurunan yang diperbolehkan adalah tak hingga, mean tardines dapat dinaikkan sebesar 6 menit dan penurunan yang diperbolehkan adalah tak hingga, pada pendapatan pabrik kenaikan yang diperbolehkan sebesar 76.80123 dan penurunan yang diperbolehkan sebesar 300000, dan untuk semua bahan baku yang ada dapat dinaikkan sampai tak hingga yang berarti bahan baku yang ada merupakan bahan baku berlebih, sedangkan pada kolom penurunan yang diperbolehkan nilai penurunan untuk bahan baku tepung terigu sebesar 16 gram, bahan baku SKM sebesar 0,16 gram, bahan air sebesar 0,8 gram, bahan baku pelembut sebesar 0,8 gram, bahan baku mentega sebesar 1800 gram, bahan baku garam sebesar 1,6 gram, bahan baku gula sebesar 529 gram, bahan baku ragi sebesar 1,6 gram, bahan baku coklat sebesar 2412 gram, bahan baku kacang sebesar 1500 gram, bahan baku mocca sebesar 803,2 gram dan bahan baku selai sebesar 964,8 gram. Perubahan pada komposisi jumlah bahan baku akan mempengaruhi tingkat kombinasi produksi optimal, namun solusi yang diperoleh tetap fisibel karena hasil perubahan pada bahan baku tersebut masih lebih dari nol.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa model Goal Programming digunakan untuk mengoptimalkan produksi roti di Sya'qila Bakery dengan mempertimbangkan fungsi kendala dan tujuan pabrik. Hasil analisis dengan metode Branch and

Bound menunjukkan bahwa solusi optimal mencakup penambahan waktu penyelesaian produksi sebesar 36 menit, keterlambatan rata-rata waktu produksi sebesar 6 menit, ketersediaan bahan baku yang mencapai nol, dan pendapatan penjualan yang tetap stabil. Selain itu, hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa produksi roti di pabrik Sya'qila Bakery akan tetap optimal bahkan jika terdapat perubahan dalam koefisien fungsi tujuan dan fungsi kendala, selama batasan atas dan batasan bawah yang telah ditentukan tetap dipatuhi.

Referensi

- [1] D. Handayani, A., Ramdani, S. H., & Taurusyanti, "Analisis Penjadwalan Produksi Pada PT. Kurnia Dwimitra Sejati," *J. Online Mhs. Bid. Manaj.*, pp. 1–15, 2021.
- [2] A. R. Brahmana and T. S. Sinaga, "Optimasi Produksi dengan Program Dinamis pada Pabrik Fractination and Refinery Factory (FRF) PT. XYZ," vol. 3, no. 4, pp. 49–54, 2013.
- [3] I. Linda, F. H. Badruzzaman, P. Matematika, F. Matematika, and P. Alam, "Optimalisasi Jumlah Produksi Celana Jeans untuk Memaksimalkan Keuntungan dengan Menggunakan Metode Branch and Bound," *Pros. Mat.*, vol. 6, no. 2, pp. 35–42, 2020.
- [4] A. K. Garside, D. M. Utama, and M. R. Arifin., "Penjadwalan Produksi Flowshop Menggunakan Algoritma Branch And Bound Untuk Meminimasi Mean Tardiness," vol. 5, no. 1, pp. 1–5, 2020.
- [5] Siswanto, *Operations Research Jilid 1*. Jakarta: Erlangga, 2007.
- [6] S. Salunkhe, S. Guessasma, V. Naranje, and S. Aly, "Binary goal programming model for optimizing tire selection using branch and bound algorithm," *Int. J. Simul. Multidiscip. Des. Optim.*, vol. 12, no. 8, pp. 1–11, 2021, doi: 10.1051/smdo/2021008.
- [7] Y. N. Firdaus *et al.*, "Implementasi Algoritma Branch and Bound Dalam," *String*, vol. 4, no. 1, pp. 4–9, 2019.
- [8] Nurjanna, Fardinah, and D. Ekawati, "Penerapan Algoritma Branch and Bound dalam Optimalisasi Produk Tenun Sa'be," *J. Math. Theory Appl.*, vol. 4, no. 1, pp. 8–14, 2022.
- [9] D. M. N. Faisal, H. B. P. P, and S. Sunarya, "Perhitungan Metode Goal Programming Untuk Optimasi Perencanaan Produk Keripik Singkong Pada PT . Cassava Chips," *Bull. Appl. Ind. Eng. Theory*, vol. 2, no. 1, pp. 16–20, 2020.
- [10] D. Dali, Y. A. Lesnussa, V. Yan, and I. Ilwaru, "Optimalisasi Keuntungan Menggunakan Metode Branch and Bound Pada Produksi Spring Bed," vol. 12, no. 2, pp. 78–88, 2022, doi: 10.24843/JMAT.2022.v12.i02.p151.
- [11] M. Ismail, N. Achmad, and S. L. Mahmud, "Analisis Sensitivitas dalam Optimasi Keuntungan Produksi Kue Ulang Tahun dengan Metode Branch and Bound," *Euler J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.*, vol. 10, no. 2, pp. 282–291, 2022, doi: 10.34312/euler.v10i2.15307.
- [12] K. V. Adtria, K. Kamid, and N. Rarasati, "Analisis Sensitivitas dalam Optimalisasi Produksi Makaroni Iko Menggunakan Linear Programming," *Imajiner J. Mat. dan Pendidik. Mat.*, vol. 3, no. 2, pp. 174–182, 2021, doi: 10.26877/imajiner.v3i2.8098.
- [13] V. Devani, N. Andriani, B. Sembiring, and M. Wadhiah, "Optimasi Produksi Crumb Rubber dengan Menggunakan Metode Branch And Bound Grafik Perbandingan Hasil dan Target Produksi Karet," *Semin. Nas. Teknol. informasi, Komun. dan Ind.*, vol. 14, pp. 191–198, 2022.
- [14] Z. Ayunda, W. Winarno, B. Nugraha, and A. Momon, "Analisa Optimalisasi Keuntungan dengan Integer Linear Programming dan Metode Branch and Bound pada Toko Bunga QuinnaStory," *J. Ind. Serv.*, vol. 6, no. 2, pp. 99–104, 2021.

- [15] N. F. Al Muzakki, “Optimasi Produksi Gerabah dengan Metode Round Off dan Branch and Bound Terhadap UKM Dewi Sri Teracotta,” vol. 09, no. 02, pp. 251–259, 2021.
- [16] P. Subagyo, M. Asri, and T. Hani Handoko, *Dasar-dasar operations research*. Yogyakarta : BPFE, 1993.