RESEARCH ARTICLE • OPEN ACCESS

Pemodelan *De Novo Programming* dengan Metode Simpleks dan Metode *Cutting Plane* Untuk Mengoptimalkan Perencanaan Produksi Usaha Kecil Menengah

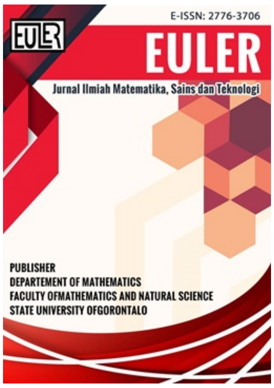
N. Safitri, M. Kiftiah, dan M. Pasaribu

Volume 12, Issue 1, Pages 105–112, June 2024

Diterima 14 Mei 2024, Direvisi 20 Juni 2024, Disetujui 22 Juni 2024, Diterbitkan 24 Juni 2024

To Cite this Article : N. Safitri, M. Kiftiah, dan M. Pasaribu,“Pemodelan *De Novo Programming* dengan Metode Simpleks dan Metode *Cutting Plane* Untuk Mengoptimalkan Perencanaan Produksi Usaha Kecil Menengah”, *Euler J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.*, vol. 12, no. 1, pp. 105–112, 2024, *https://doi.org/10.37905/euler.v12i1.25242*

JOURNAL INFO • EULER : JURNAL ILMIAH MATEMATIKA, SAINS DAN TEKNOLOGI



Homepage	:	http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/euler/index
Journal Abbreviation	:	Euler J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.
Frequency	:	Biannual (June and December)
Publication Language	:	English (preferable), Indonesia
DOI	:	https://doi.org/10.37905/euler
Online ISSN	:	2776-3706
License	:	Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License
Publisher	:	Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo
Country	:	Indonesia
OAI Address	:	http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/euler/oai
Google Scholar ID	:	QF_r-_gAAAAJ
Email	:	euler@ung.ac.id

Euler : Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi, Volume 12, Issue 1, Pages 105–112, June 2024 *https://doi.org/10.37905/euler.v12i1.25242*

Research Article

Check for updates

Pemodelan *De Novo Programming* dengan Metode Simpleks dan Metode *Cutting Plane* Untuk Mengoptimalkan Perencanaan Produksi Usaha Kecil Menengah

Nurul Safitri[1], Mariatul Kiftiah[1], dan Meliana Pasaribu[1,*]

[1]*Jurusan Matematika, Universitas Tanjungpura, Indonesia*

ARTICLE HISTORY
Diterima 14 Mei 2024
Direvisi 20 Juni 2024
Disetujui 22 Juni 2024
Diterbitkan 24 Juni 2024

KATA KUNCI
Rencana Produksi
Usaha Kecil Menengah
Metode Simpleks
Metode *Cutting Plane*

KEYWORDS
Production Planning
Small and Medium Enterprises
Simplex Method
Cutting Plane Method

ABSTRAK. *Usaha Kecil Menengah (UKM) Aneka Jamu Tradisional merupakan suatu usaha kecil dan menengah di bidang produksi jamu. UKM tersebut memproduksi 3 jenis jamu tradisional yaitu jamu angin, jamu urat, dan jamu peluntur. Dalam memproduksi jamu, jumlah produk yang diproduksi tidak sesuai dengan ketersediaan bahan baku yang tersedia sehingga biaya produksi yang dikeluarkan tentunya akan mempengaruhi keuntungan. Hal ini dikarenakan perencanaan produksi yang kurang tepat. Tujuan penelitian ini adalah menentukan perencanaan produksi yang tepat agar memperoleh keuntungan yang maksimal. Salah satu pengembangan model pemrograman linear yang menetapkan faktor keterbatasan anggaran (budget) adalah model de novo programming. Model de novo programming dapat memberikan kombinasi jumlah produk terbaik yang harus diproduksi sekaligus usulan penggunaan sumber daya berdasarkan anggaran yang tersedia. Model de novo programming digunakan untuk membentuk permasalahan keterbatasan bahan baku atau anggaran biaya ke dalam model matematika. Selanjutnya diselesaikan dengan menggunakan metode simpleks. Dalam penelitian ini, solusi optimal yang dibutuhkan berupa bilangan bulat sehingga perhitungan dilanjutkan dengan metode cutting plane. Keuntungan yang diperoleh UKM Aneka Jamu Tradisional sebesar Rp10.473.500/bulan. Berdasarkan hasil penelitian, penyelesaian model de novo programming dengan metode simpleks dan metode cutting plane didapat x_1= 3.000, x_2= 3.000, x_3= 1.657 dengan Z = 12.386.733. Artinya, untuk memperoleh keuntungan yang optimal maka UKM harus memproduksi jamu angin sebanyak 3.000 bungkus, jamu urat sebanyak 3.000 bungkus, dan jamu peluntur sebanyak 1.657 bungkus dengan keuntungan sebesar Rp12.386.733/bulan.*

ABSTRACT. *Small and Medium Enterprises (SMEs) Aneka Jamu Traditional is a small and medium-sized enterprise in the field of herbal medicine production. The SME produces 3 types of traditional herbal medicine, namely angin herbal medicine, urat herbal medicine, and peluntur herbal medicine. In producing herbal medicine, the number of products produced does not match the availability of raw materials available so that the production costs incurred will certainly affect profits. This is due to improper production planning. The purpose of this research is to determine the right production planning in order to obtain maximum profit. One of the developments of linear programming models that specifies budget constraints is the de novo programming model. The de novo programming model can provide a combination of the best number of product to be produced nd the proposed use of resources based on the available budget.The de novo programming model is used to form a raw material or budget constraint problem into a mathematical model. Furthermore, it is solved using the simplex method. In this research, the optimal solution required is an integer so the calculation is continued with the cutting pane method. The profit earned by Aneka Jamu Tradisional SMEs amounted of Rp10.473.500/month. Based on the research results, the completion of the de novo programming model with simplex method and cutting plane method obtained x_1=3.000, x_2=3,000, x_3=1,657 with Z = 12,386,733. This means that to obtain optimal profits, SMEs must produce 3.000 packs of angin herbs, 3.000 packs of urat herbs, and 1.657 packs of peluntur herbs with a profit of Rp12,386,733/month.*

1. Pendahuluan

Setiap usaha memerlukan suatu perencanaan produksi yang baik demi perkembangan usaha. Perencanaan produksi adalah suatu aktivitas yang berkaitan dalam menentukan produk yang harus diproduksi, jumlah produk yang diproduksi, dan waktu produksi serta sumber daya apa yang dibutuhkan untuk mendapatkan produk yang telah ditetapkan serta tujuan yang ingin dicapai [1]. Perencanaan produksi dapat membantu dalam mengatur waktu, sumber daya, dan tenaga kerja secara optimal. Hal ini membantu menghindari kerugian akibat kesalahan produksi atau kekurangan bahan baku, serta menghindari pemborosan sumber daya untuk memaksimalkan hasil produksi. Oleh karena itu, seti-

*Penulis Korespondensi.

Email : *meliana.pasaribu@math.untan.ac.id* (M. Pasaribu)
Homepage : http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/euler/index / E-ISSN : 2776-3706

ap usaha, termasuk Usaha Kecil Menengah (UKM), perlu melakukan perencanaan produksi agar dapat mencapai keuntungan yang optimal.

UKM Aneka Jamu Tradisional merupakan jenis usaha kecil menengah yang bergerak di bidang produksi jamu. Usaha ini berlokasi di Kawasan Pasar Parit Besar, Kota Pontianak. UKM Aneka Jamu Tradisional memproduksi 3 jenis jamu tradisional yaitu jamu angin, jamu urat, dan jamu peluntur. Usaha tersebut memiliki keterbatasan dalam anggaran yang tersedia dan belum memiliki strategi perencanaan produksi yang optimal terkait banyaknya jamu yang seharusnya diproduksi sehingga menghasilkan keuntungan yang maksimal. Saat memproduksi jamu tradisional terkadang terjadi kelebihan pada persediaan bahan baku atau sisa bahan baku. Ketika persediaan bahan-bahan belum dimanfaatkan secara maksimal maka keuntungan yang diperoleh pun belum maksimal. Hal ini menjadi salah satu kendala yang dihadapi oleh UKM Aneka Jamu Tradisional. Permasalahan pada UKM Aneka Jamu Tradisional yang berkaitan dengan proses untuk memaksimalkan keuntungan merupakan perencanaan untuk mencari solusi optimal dalam produksi. Karena tingkat keuntungan, faktor produksi, dan produk yang dihasilkan oleh usaha tersebut memiliki hubungan yang linear, maka perlu dilakukan pemodelan masalah ke dalam model pemrograman linear.

Pemrograman linear merupakan sebuah model matematika yang berbentuk linear untuk menemukan suatu penyelesaian optimal dengan cara memaksimalkan atau meminimumkan fungsi tujuan yang ingin dicapai [2]. Pemrograman linear memiliki tiga komponen dasar yaitu fungsi tujuan, kendala atau batasan yang harus dipenuhi oleh solusi yang didapatkan, dan variabel keputusan [3]. Pemrograman linear digunakan untuk mencari solusi optimal yang memaksimalkan keuntungan atau mencapai tujuan berdasarkan keterbatasan sumber daya yang tersedia. Untuk mendapatkan solusi yang optimal pada permasalahan pemrograman linear, dapat digunakan metode grafik dan metode simpleks. Metode grafik efektif digunakan ketika melibatkan hanya dua variabel. Jika terdapat lebih dari dua variabel maka metode grafik tidak efektif lagi. Sedangkan metode simpleks dapat digunakan untuk menentukan solusi optimal lebih dari dua variabel. Metode simpleks adalah salah satu metode yang digunakan dalam pemrograman linear untuk menemukan solusi optimal dengan mengintegrasi langkah-langkah berdasarkan fungsi tujuan dan batasan yang telah ditetapkan [4]. Solusi yang dihasilkan dapat berupa bilangan bulat maupun bilangan pecahan.

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi oleh UKM Aneka Jamu Tradisional, diperlukan pembuatan perencanaan produksi yang sistematis berdasarkan anggaran yang tersedia. Salah satu pengembangan model pemrograman linear yang menetapkan keterbatasan anggaran adalah model *de novo programming* [5]. Model *de novo programming* dilakukan untuk menentukan kombinasi hasil terbaik dari jenis produk yang akan diproduksi sekaligus memberikan usulan penggunaan sumber daya melalui anggaran yang tersedia. Model *de novo programming* tidak dapat menyelesaikan masalah berupa meminimalkan biaya produksi dikarenakan salah satu kendala merupakan keterbatasan anggaran, sehingga rencana produksi yang dioptimalkan sesuai dengan biaya yang disediakan [6]. Permasalahan pada UKM Aneka Jamu Tradisional dapat dipandang sebagai pemrograman linear bilangan bulat karena semua variabel keputusan harus menghasilkan bilangan bulat (*integer*). Namun, solusi optimal pada metode simpleks tidak selalu bernilai bilangan bulat, maka diperlukan pemrograman linear bilangan bulat untuk mendapatkan hasil berupa bilangan bulat. Pemrograman linear bilangan bulat adalah sebuah pemrograman linear dengan persyaratan tambahan bahwa semua variabelnya merupakan bilangan-bilangan bulat (*integer*) [7]. Untuk mendapatkan solusi optimal pada permasalahan pemrograman linear bilangan bulat dapat digunakan metode *cutting plane*. Metode *cutting plane* merupakan metode penyelesaian yang melibatkan penambahan kendala yang disebut dengan kendala *gomory* [8]. Kendala *gomory* diberikan jika nilai variabel keputusan belum berupa bilangan bulat (bernilai pecahan). Kendala ini berfungsi untuk menghilangkan kemungkinan adanya solusi bilangan tak bulat sehingga diperoleh solusi optimal bilangan bulat tanpa menghilangkan solusi layak yang sudah ada sebelumnya.

Penelitian terkait penggunaan *de novo programming* telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Penelitian yang dilakukan oleh Widarman [5] mampu memaksimalkan keuntungan yang lebih besar hingga mencapai Rp28.408.941. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Budianti [9] yang melakukan optimasi produksi menggunakan model *de novo programming* dengan metode simpleks menghasilkan solusi optimal dengan keuntungan sebesar Rp47.685.060. Penelitian berikutnya dengan metode yang sama dilakukan oleh Antika [6] menunjukkan bahwa biaya produksi dan keuntungan setiap bulan dapat dikendalikan dalam batas yang diinginkan. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Sari [10] menggunakan metode *cutting plane* menunjukkan bahwa metode tersebut efektif dalam menyelesaikan masalah program linear bilangan bulat tanpa menghilangkan solusi penyelesaian yang sudah optimal sehingga dapat mempersingkat waktu perhitungan.

Penelitian ini berfokus untuk mengoptimalkan keuntungan pada UKM Aneka Jamu Tradisional dengan permasalahan keterbatasan anggaran. Dalam penyelesaian permasalahan, data yang didapatkan dari UKM Aneka Jamu Tradisional meliputi kapasitas produksi, komposisi bahan baku, ketersediaan dan harga bahan baku, biaya tenaga kerja, biaya pengemasan, biaya sewa toko, biaya pemasaran, dan keuntungan akan dikonstruksikan ke dalam model *de novo programming*. Dimana banyaknya bahan baku dan biaya yang tersedia akan diformulasikan menjadi satu kendala, yaitu kendala keterbatasan anggaran. Oleh karena itu, permasalahan keterbatasan anggaran ini tidak dapat diselesaikan dengan model pemrograman linear sehingga model yang dapat digunakan yaitu model *de novo programming*. Masalah yang ada pada UKM selanjutnya diformulasikan ke dalam bentuk baku metode simpleks serta diselesaikan dengan metode simpleks hingga mencapai solusi optimal. Dalam penelitian ini, solusi optimal yang dibutuhkan berupa bilangan bulat (*integer*) sehingga perhitungan dilanjutkan dengan metode *cutting plane*. Penggunaan metode simpleks dan metode *cutting plane* dapat meningkatkan efisiensi proses pemodelan dan menjamin hasil solusi yang optimal dan akurat. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perencanaan produksi dengan mengetahui banyaknya jumlah produk yang harus diproduksi agar memperoleh keuntungan yang maksimal.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan data primer yang didapatkan dari UKM Aneka Jamu Tradisional yang berlokasi di Kawasan Pasar Tradisional (Pasar Parit Besar), Kota Pontianak, Provinsi Kalimantan Barat. UKM Aneka Jamu Tradisional memproduksi 3 jenis jamu tradisional terdiri dari jamu angin, jamu urat, dan jamu peluntur. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini berupa studi literatur dari buku dan jurnal yang berkaitan dengan penelitian ini. Penyelesaian permasalahan pemrograman linear bilangan bulat yang dialami oleh UKM Aneka Jamu Tradisional dapat diselesaikan menggunakan pemodelan *de novo programming* dengan metode simpleks dan metode *cutting plane*.

2.1. Pemrograman Linear Bilangan Bulat

Pemrograman linear didefinisikan sebagai sebuah model matematika untuk menyelesaikan masalah-masalah optimasi, yaitu memaksimalkan atau meminimumkan fungsi tujuan yang ingin dicapai [2]. Pemrograman linear bilangan bulat (*integer linear programming)* adalah sebuah program linear dengan persyaratan tambahan bahwa semua variabelnya merupakan bilangan-bilangan bulat (*integer*) [7].

Perumusan model pemrograman linear bilangan bulat menggunakan fungsi tujuan memaksimumkan/meminimumkan [11], yaitu

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n$$

dan fungsi kendala:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n (\leq / = / \geq)\, b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n (\leq / = / \geq) b_2 \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n (\leq / = / \geq) b_m \\ x_j \geq 0 \text{ dan } x_j \in \mathbb{Z} j = 1, 2, \ldots, n. \end{aligned}$$

Keterangan:

Z	:	fungsi tujuan yang dicari nilai optimalnya.
c_j	:	koefisien fungsi tujuan pada variabel ke-*j*, dengan $j = 1, 2, \ldots, n$.
x_j	:	variabel keputusan untuk kegiatan ke-j, dengan $j = 1, 2, \ldots, n$.
a_{ij}	:	banyaknya sumber daya yang dibutuhkan dalam kendala ke-i dan variabel ke-j, dengan $i = 1, 2, \ldots, m$ dan $j = 1, 2, \ldots, n$.
b_i	:	banyaknya sumber daya yang tersedia pada kendala ke-*i*, dengan $i = 1, 2, \cdots, m$.

2.2. Model De Novo Programming

Perbedaan antara pemrograman linear dan *de novo programming* yaitu pada pemrograman linear, kendala sumber daya dianggap telah ditetapkan sebelumnya dan apabila terdapat sisa sumber daya maka dianggap tidak mempengaruhi perencanaan produksi. Sedangkan pada *de novo programming*, kendala sumber daya akan disusun sedemikian rupa sehingga tidak menghasilkan sisa [9]. Formulasi *de novo programming* dapat dirumuskan menggunakan fungsi tujuan untuk memaksimumkan [5], yaitu

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n$$

dan fungsi kendala:

$$\begin{aligned} v_1x_1 + v_2x_2 + \cdots + v_nx_n \leq B \\ x_1, x_2, .., \; x_n \geq 0. \end{aligned}$$

Apabila terdapat kendala lain yang dianggap penting atau baku oleh suatu perusahaan, maka formulasi *de novo programming* dilakukan menggunakan fungsi tujuan untuk memaksimumkan, yaitu

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n \tag{1}$$

dan fungsi kendala:

$$\begin{aligned} v_1x_1 + v_2x_2 + \cdots + v_nx_n \leq B \\ a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n \leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n \leq b_2 \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n \leq b_m \\ \vdots \\ x_1, x_2, \cdots, x_n \geq 0. \end{aligned} \tag{2}$$

Keterangan:

v_j	:	biaya bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan produk ke-*j*, dengan $j = 1, 2, \cdots, n$.
B	:	total anggaran (*budget*) yang tersedia.
b_i	:	banyaknya sumber daya yang tersedia pada kendala ke-*i*, dengan $i = 1, 2, \cdots, m$.

2.3. Metode Simpleks

Bentuk model *de novo programming* dapat diubah menjadi bentuk baku metode simpleks dengan fungsi tujuan untuk memaksimumkan [12], yaitu

$$Z - c_1x_1 - c_2x_2 - \cdots - c_nx_n - 0S_1 - 0S_2 - 0S_3 - \cdots - 0S_{m+1} = 0$$

dan fungsi kendala:

$$\begin{aligned} v_1x_1 + v_2x_2 + \cdots + v_nx_n + S_1 + 0S_2 + 0S_3 + \\ \cdots + 0S_{m+1} = B \\ a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n + 0S_1 + S_2 + 0S_3 + \\ \cdots + 0S_{m+1} = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n + 0S_1 + 0S_2 + S_3 + \\ \cdots + 0S_{m+1} = b_2 \\ \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3 + \\ \cdots + S_{m+1} = b_m. \end{aligned}$$

Keterangan:

b_i	:	banyaknya sumber daya yang tersedia pada kendala ke-*i*, dengan $i = 1, 2, \cdots, m$.
S_i	:	variabel *slack* pada kendala ke-*i*, dengan $i = 1, 2, \ldots, m + 1$.

Bentuk baku yang sudah diperoleh, selanjutnya dibuat ke dalam bentuk tabel simpleks, seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Langkah-langkah penyelesaian:

1) Periksa apakah nilai koefisien fungsi tujuan sudah bernilai positif atau nol ($C_j \geq 0$), untuk setiap *j*. Jika ya, maka proses dilanjutkan ke langkah 2. Jika tidak, maka proses dilanjutkan ke langkah 3.
2) Periksa apakah $x_j \in \mathbb{Z}$ dan $x_j \geq 0$. Tabel sudah optimal dan proses dihentikan jika $x_j \in \mathbb{Z}$ dan $x_j \geq 0$, untuk setiap *j*. Jika tidak, maka akan diselesaikan menggunakan metode *cutting plane*.

Tabel 1. Tabel awal simpleks

Variabel Basis	Z	x_1	x_2	$\dots$	x_n	S_1	S_2	S_3	$\dots$	S_{m+1}	NK
Z	1	$-C_1$	$-C_2$	$\dots$	$-C_n$	0	0	0	$\dots$	0	0
S_1	0	v_1	v_2	$\dots$	v_n	1	0	0	$\dots$	0	B
S_2	0	a_{11}	a_{12}	$\dots$	a_{1n}	0	1	0	$\dots$	0	b_1
S_3	0	a_{21}	a_{22}	$\dots$	a_{2n}	0	0	1	$\dots$	0	b_2
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
S_{m+1}	0	a_{m1}	a_{m2}	$\dots$	a_{mn}	0	0	0	$\dots$	1	b_m

3) Menentukan kolom kunci. Pilih kolom kunci yang memiliki nilai koefisien negatif terkecil. Jika nilai negatif terkecil lebih dari satu, maka pilih salah satu secara sembarang.
4) Menentukan baris kunci. Baris kunci ditentukan dari nilai rasio positif pembagian terkecil. Jika nilai rasio lebih dari satu, maka pilih secara sembarang:

$$\text{Rasio} = \frac{\text{nilai kolom NK}}{\text{nilai kolom kunci}}$$

5) Menentukan elemen kunci. Elemen kunci terletak pada perpotongan kolom dan baris kunci.
6) Membentuk tabel simpleks baru dengan menghitung nilai baris kunci baru.

$$\text{Nilai baris kunci baru} = \frac{\text{nilai baris kunci lama}}{\text{nilai elemen kunci}}$$

Nilai baris yang lain = baris lama – (nilai baris kunci baru $\times$ angka kolom kunci) dan proses dilanjutkan ke langkah ke-1.

2.4. *Metode Dual Simpleks*

Metode dual simpleks adalah teknik optimasi pemprograman linear yang sudah optimum tetapi belum fisibel (ada pembatas non negatif yang tidak terpenuhi) [7]. Metode dual simpleks menggunakan tabel yang sama seperti metode simpleks biasa, tetapi menentukan *leaving variable* dan *entering variable*-nya dengan cara sebagai berikut [13]:

1. Menentukan variabel keluar *(leaving variable)*, yaitu variabel basis yang memiliki nilai negatif terkecil. Jika variabel basis sudah positif atau nol, maka kondisi sudah fisibel dan proses berakhir (sudah optimum).
2. Menentukan variabel masuk *(entering variable)* dengan cara yaitu:
   (a) Menentukan nilai rasio antara koefisien baris *(z)* dengan koefisien persamaan *leaving variable*. Abaikan penyebut positif atau nol. Jika semua penyebut bernilai positif atau nol, maka persoalan yang bersangkutan tidak memiliki solusi fisibel.
   (b) Untuk tujuan maksimasi, *entering variable* adalah variabel dengan rasio absolut terkecil.

2.5. *Metode Cutting Plane*

Metode *cutting plane* merupakan metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah pemrograman linear bilangan bulat dengan menambahkan batasan baru yang disebut *gomory*. Batasan *gomory* diberikan jika nilai dari variabel keputusan belum bulat (bernilai pecahan) [3]. Adapun langkah-langkah penyelesaian metode *cutting plane* sebagai berikut [13]:

1. Selesaikan masalah optimasi menggunakan metode simpleks dengan mengabaikan kondisi *integer*.
2. Periksa solusi optimal. Jika solusi optimal sudah berupa bilangan bulat maka proses selesai. Jika tidak maka proses dilanjutkan ke langkah 3.
3. Pilih nilai variabel keputusan yang memiliki nilai pecahan terbesar, kemudian tambahkan kendala tambahan *gomory* pada persamaan dibawah ini:

$$S_{gi} - \sum_{j=1}^{n} f_{ij} S_i = -f_i. \tag{3}$$

dengan
S_{gi} : variabel *slack gomory* ke-*i,* dengan $i = 1, 2, \dots, m$.
f_i : nilai pecahan dalam b_i, dengan $i = 1, 2, \dots, m$.
S_i : variabel *slack* pada kendal ke-*i*, dengan $i = 1, 2, \dots, m+1$.
f_{ij} : nilai pecahan dalam a_{ij}, dengan $i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n$.

4. Selesaikan menggunakan metode dual simpleks dengan kendala *gomory* diletakkan pada baris terakhir. Kemudian kembali ke langkah 2.

2.6. *Prosedur Penelitian*

Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data dari UKM Aneka Jamu Tradisional.
2. Mengkonstruksikan permasalahan yang ada ke dalam model *de novo programming*.
   (a) Menentukan variabel keputusan.
   (b) Menentukan fungsi tujuan.
   (c) Menentukan fungsi kendala.
3. Penyelesaian model *de novo programming* menggunakan metode simpleks.
   (a) Memformulasikan model *de novo programming* ke dalam bentuk baku metode simpleks.
   (b) Menyusun bentuk baku yang diperoleh ke dalam tabel simpleks.
   (c) Menyelesaikan menggunakan metode simpleks.
4. Penyelesaian menggunakan metode *cutting plane.*
   (a) Apabila solusi optimal simpleks yang didapatkan bernilai bilangan bulat maka proses selesai.
   (b) Jika satu atau lebih variabel basis memiliki nilai pecahan maka akan dibuat kendala *gomory.*
   (c) Menyelesaikan menggunakan metode dual simpleks.
5. Kesimpulan.

3. Hasil dan Pembahasan

Penyelesaian permasalahan dibagi menjadi beberapa tahap yaitu mendeskripsikan permasalahan produksi di UKM Aneka Jamu Tradisional, mengkonstruksikan permasalahan ke dalam model *de novo programming*, menyelesaikan *de novo programming* menggunakan metode simpleks, kemudian dilanjutkan dengan metode *cutting plane* dan diselesaikan kembali menggunakan metode dual simpleks.

3.1. Permasalahan Produksi di UKM Aneka Jamu Tradisional

UKM Aneka Jamu Tradisional memproduksi 3 jenis jamu tradisional yaitu jamu angin, jamu urat, dan jamu peluntur. Dalam satu bulan biasanya UKM tersebut memproduksi jamu angin sebanyak 10 kali, jamu urat sebanyak 10 kali, dan jamu peluntur sebanyak 6 kali dengan menghasilkan 250 bungkus untuk 1 kali produksi. Biaya yang dikeluarkan per bungkus jamu angin sebesar Rp2.372, jamu urat sebesar Rp2.382, dan jamu peluntur sebesar Rp2.822. UKM Aneka Jamu Tradisional memiliki keterbatasan anggaran yaitu sebesar Rp18.940.000.

UKM Aneka Jamu Tradisional memperkerjakan 3 orang tenaga kerja dengan biaya sebesar Rp4.500.000 per bulan dengan biaya tenaga kerja per bungkus jamu sebesar Rp500. Biaya pengemasan jamu yang digunakan untuk satu bulan sebesar Rp2.001.000 dengan biaya pengemasan per bungkus jamu sebesar Rp222,30. Selanjutnya, biaya sewa toko yang dikeluarkan untuk satu bulan sebesar Rp480.000 dengan biaya sewa per bungkus jamu sebesar Rp53,30.

Setiap bulannya UKM Aneka Jamu Tradisional mengeluarkan biaya pemasaran sebesar Rp1.200.000 dengan biaya pemasaran per bungkus jamu sebesar Rp133,30. UKM Aneka Jamu Tradisional juga memiliki kapasitas produksi sebanyak 3.000 bungkus pada setiap jenis jamu. Keuntungan yang diperoleh UKM Aneka Jamu Tradisional pada setiap jenis jamu nya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Keuntungan setiap jenis jamu

Jenis Produk	Harga Jual	Biaya Produksi	Keuntungan
Jamu Angin	Rp5.000	Rp3.281	Rp1.719
Jamu Urat	Rp5.000	Rp3.291	Rp1.709
Jamu Peluntur	Rp5.000	Rp3.731	Rp1.269

Dengan menyubstitusikan c_n, x_n pada persamaan (1), besarnya Total Keuntungan (Z) yang diperoleh oleh UKM Aneka Jamu Tradisional dalam periode satu bulan, yaitu:

$$\begin{aligned}Z &= c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n\\ &= Rp1.719x_1 + Rp1.709x_2 + Rp1.269x_3\\ &= Rp1.719(2.500) + Rp1.709(2.500) + Rp1.269(1.500)\\ &= Rp4.297.500 + Rp4.272.500 + Rp1.903.500\\ &= Rp10.473.500.\end{aligned}$$

Perencanaan produksi pada UKM Aneka Jamu Tradisional yaitu memproduksi jamu angin sebanyak 2.500 bungkus, jamu urat sebanyak 2.500 bungkus, dan jamu peluntur sebanyak 1.500 bungkus sehingga diperoleh keuntungan sebesar Rp10.473.500/bulan.

3.2. engkonstruksian Masalah ke dalam Model De Novo Programming

Data pada UKM Aneka Jamu Tradisional yang diperoleh selanjutnya dimodelkan ke dalam *de novo programming*. Berdasarkan Tabel 2, variabel keputusan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

x_1 : banyaknya jamu angin yang diproduksi (bungkus);
x_2 : banyaknya jamu urat yang diproduksi (bungkus);
x_3 : banyaknya jamu peluntur yang diproduksi (bungkus);

Tujuan pada UKM Aneka Jamu Tradisional adalah memaksimalkan keuntungan. Berdasarkan Tabel 2, fungsi tujuannya dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Maks } Z = 1.719x_1 + 1.709x_2 + 1.269x_3.$$

Kendala-kendala yang mempengaruhi dalam proses produksi yang digunakan sebagai fungsi kendala dalam perhitungan antara lain:

1. Kendala biaya bahan baku (*budget*)
   Subsitusikan $v_n,\ x_n$ ke dalam Persamaan (2) sehingga diperoleh:
   $$2.372x_1 + 2.382x_2 + 2.822x_3 \leq 18.940.000.$$
2. Kendala biaya tenaga kerja
   $$500x_1 + 500x_2 + 500x_3 \leq 4.500.000.$$
3. Kendala biaya pengemasan jamu
   $$222,30x_1 + 222,30x_2 + 222,30x_3 \leq 2.001.000.$$
4. Kendala biaya sewa toko
   $$53,30x_1 + 53,30x_2 + 53,30x_3 \leq 480.000.$$
5. Kendala biaya pemasaran
   $$133,30x_1 + 133,30x_2 + 133,30x_3 \leq 1.200.000.$$
6. Kendala kapasitas produksi
   $$\begin{aligned}x_1 &\leq 3.000\\ x_2 &\leq 3.000\\ x_3 &\leq 3.000.\end{aligned}$$
7. Kendala bilangan bulat
   $$x_1, x_2, x_3 \in \ \mathbb{Z}.$$
8. Kendala non negatif
   $$x_1, x_2, x_3 \geq 0.$$

3.3. Penyelesaian De Novo Programming Menggunakan Metode Simpleks

Selanjutnya, fungsi tujuan dan fungsi kendala diubah ke dalam bentuk baku dengan menambahkan variabel *slack* pada setiap kendala yang bertanda $\leq$, sehingga diperoleh fungsi tujuan memaksimalkan, yaitu:

$$\begin{aligned}Z - 1.719x_1 - 1.709x_2 - 1.269x_3 -\\ 0S_1 - 0S_2 - 0S_3 - 0S_4 - 0S_5 - 0S_6 - 0S_7 - 0S_8 = 0,\end{aligned}$$

Tabel 3. Tabel simpleksiIterasi ke-1

VB	Z	x_1	x_2	x_3	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	NK	Rasio
Z	1	-1719	-1709	-1269	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
s_1	0	2372	2382	2822	1	0	0	0	0	0	0	0	18940000	7984,82
s_2	0	500	500	500	0	1	0	0	0	0	0	0	4500000	9000
s_3	0	222,30	222,30	222,30	0	0	1	0	0	0	0	0	2001000	9001,35
s_4	0	53,30	53,30	53,30	0	0	0	1	0	0	0	0	480000	9005,63
s_5	0	133,30	133,30	133,30	0	0	0	0	1	0	0	0	1200000	9002,25
s_6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3000	3000
s_7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3000	0
s_8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3000	0

Tabel 4. Perbaikan tabel simpleks iterasi ke-1

VB	Z	x_1	x_2	x_3	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	NK
Z	1	0	-1709	-1269	0	0	0	0	0	1719	0	0	5157000
s_1	0	0	2382	2822	1	0	0	0	0	-2372	0	0	11824000
s_2	0	0	500	500	0	1	0	0	0	-500	0	0	3000000
s_3	0	0	222,30	222,30	0	0	1	0	0	-222,3	0	0	1334100
s_4	0	0	53,30	53,30	0	0	0	1	0	-53,3	0	0	320100
s_5	0	0	133,30	133,30	0	0	0	0	1	-133,3	0	0	800100
x_1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3000
s_7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3000
s_8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3000

dengan fungsi kendala, yaitu

$$\begin{aligned}
2.372x_1 + 2.382x_2 + 2.822x_3 + S_1 &= 18.940.000\\
500x_1 + 500x_2 + 500x_3 + S_2 &= 4.500.000\\
222,30x_1 + 222,30x_2 + 222,30x_3 + S_3 &= 2.001.000\\
53,30x_1 + 53,30x_2 + 53,30x_3 + S_4 &= 480.000\\
133,30x_1 + 133,30x_2 + 133,30x_3 + S_5 &= 1.200.000\\
x_1 + S_6 &= 3.000\\
x_2 + S_7 &= 3.000\\
x_3 + S_8 &= 3.000\\
x_1, x_2, x_3 &\in \mathbb{Z}\\
x_1, x_2, x_3, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8 &\geq 0.
\end{aligned}$$

Fungsi tujuan dan fungsi kendala yang telah diubah menjadi bentuk baku, selanjutnya disusun ke dalam tabel simpleks yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Selanjutnya dilakukan penyelesaian dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1a. Periksa apakah nilai koefisien fungsi tujuan sudah bernilai positif atau nol ($C_j \geq 0$). Pada Tabel 3, nilai koefisien masih bernilai negatif maka dilanjutkan ke langkah 3a.

2a. Periksa apakah $x_j \in \mathbb{Z}$ dan $x_j \geq 0$. Pada Tabel 3 belum diperoleh $x_j \in \mathbb{Z}$ dan $x_j \geq 0$, untuk setiap *j*. Sehingga proses akan diselesaikan menggunakan metode *cutting plane.*

<u>**Iterasi 1**</u>

3a. Menentukan kolom kunci. Berdasarkan Tabel 3, kolom kunci terletak pada kolom x_1 karena memuat nilai negatif terkecil yaitu -1.719.

4a. Menentukan baris kunci. Berdasarkan Tabel 3, baris kunci terletak pada baris S_6 karena memiliki nilai rasio positif terkecil yaitu 3.000.

5a. Menentukan elemen kunci. Pada Tabel 3 di dapat elemen kunci yaitu 1.

6a. Membentuk tabel simpleks baru. Tabel simpleks baru dibentuk dengan menghitung nilai baris kunci baru.

Dengan demikian, perbaikan tabel simpleks iterasi ke-1 diberikan pada Tabel 4.

Pada Tabel 4 belum diperoleh solusi optimal karena koefisien fungsi tujuan pada baris Z masih memuat nilai negatif. Artinya, produksi pada UKM Aneka Jamu Tradisional belum mencapai kondisi yang optimal sehingga dilakukan Iterasi ke-2 dan kembali ke langkah 1a.

<u>**Iterasi 2**</u>

Perhitungan dengan cara yang sama, diperoleh kolom kunci yaitu variabel x_2 sebesar -1.709 dan baris kunci yaitu baris S_7 dengan nilai rasio terkecil yaitu 3.000 dengan elemen kunci yaitu 1. Pada Iterasi ke-2 diperoleh variabel keputusan yaitu x_2 sebesar 3000. Pada Iterasi ke-2 belum diperoleh solusi optimal karena koefisien fungsi tujuan pada baris *Z* masih memuat nilai negatif sehingga dilakukan iterasi ke-3 dan kembali ke langkah 1a.

<u>**Iterasi 3**</u>

Pada Iterasi ke-3 diperoleh kolom kunci yaitu variabel x_3 sebesar -1.269 dan kolom kunci terletak pada baris S_1 dengan nilai rasio terkecil yaitu 1657,689582 dengan elemen kunci nya yaitu 1. Sehingga, diperoleh tabel simpleks baru yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Pada Tabel 5 sudah diperoleh solusi optimal dikarenakan koefisien fungsi tujuan pada baris Z sudah bernilai positif atau nol. Artinya, produksi pada UKM Aneka Jamu Tradisional sudah mencapai kondisi yang optimal sehingga iterasi dihentikan. Solusi optimal simpleks pada Tabel 5 didapat $x_1 = 3.000$, $x_2 = 3.000$, dan $x_3 = 1.657{,}689582$ dengan nilai Z $= 12.387.608,08$.

Tabel 5. Tabel optimal simpleks

VB	Z	x_1	x_2	x_3	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	NK
Z	1	0	0	0	0,449681077	0	0	0	0	652,3564848	637,859674	0	12387608,08
x_3	0	0	0	1	0,000354359	0	0	0	0	-0,840538625	-0,844082211	0	1657,689582
S_2	0	0	0	0	-0,177179305	1	0	0	0	-79,73068746	-77,9588944	0	671155,2091
S_3	0	0	0	0	-0,078773919	0	1	0	0	-35,44826364	-34,66052445	0	298695,606
S_4	0	0	0	0	-0,018887314	0	0	1	0	-8,499291283	-8,310418143	0	71845,14529
S_5	0	0	0	0	-0,047236003	0	0	0	1	-21,25620128	-20,78384125	0	179229,9787
x_1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3000
x_2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3000
S_8	0	0	0	0	-0,000354359	0	0	0	0	0,840538625	0,844082211	1	1342,310418

Tabel 6. Tabel optimal simpleks dengan penambahan kendala *Gomory*

VB	Z	x_1	x_2	x_3	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	Sg_1	NK
Z	1	0	0	0	0,449681077	0	0	0	0	652,3564848	637,859674	0	0	12387608,08
x_3	0	0	0	1	0,000354359	0	0	0	0	-0,840538625	-0,844082211	0	0	1657,689582
S_2	0	0	0	0	-0,177179305	1	0	0	0	-79,73068746	-77,9588944	0	0	671155,2091
S_3	0	0	0	0	-0,078773919	0	1	0	0	-35,44826364	-34,66052445	0	0	298695,606
S_4	0	0	0	0	-0,018887314	0	0	1	0	-8,499291283	-8,310418143	0	0	71845,14529
S_5	0	0	0	0	-0,047236003	0	0	0	1	-21,25620128	-20,78384125	0	0	179229,9787
x_1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3000
x_2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3000
S_8	0	0	0	0	-0,000354359	0	0	0	0	0,840538625	0,844082211	1	0	1342,310418
Sg_1	0	0	0	0	-0,000354359	0	0	0	0	-0,159461375	-0,155917789	0	1	-0,689582
Rasio					-1268,998964					-4090,999998	-4090,999995			

Tabel 7. Perbaikan tabel optimal setelah penambahan kendala *Gomory*

VB	Z	x_1	x_2	x_3	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	Sg_1	NK
Z	1	0	0	0	0	0	0	0	0	450,0001651	440,0001613	0	1268,998964	12386733
x_3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	-1	0	1	1657
S_2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-6,52099E-05	-6,36999E-05	0	-499,9995908	671499,9998
S_3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-2,8989E-05	-2,83221E-05	0	-222,2998181	298848,9
S_4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-6,91199E-06	-6,75209E-06	0	-53,29995663	71881,89998
S_5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1,7259E-05	-1,68591E-05	0	-133,2998917	179321,8999
x_1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3000
x_2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3000
S_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	-1	1343
Sg_1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	449,9996331	439,9996416	0	-2821,997698	1945,998816

3.4. *Penyelesaian Menggunakan Metode Cutting Plane*

Dari perhitungan simpleks pada Tabel 5 didapat solusi optimal yaitu x_1= 3.000, x_2= 3.000, dan x_3= 1.657,689582 dengan nilai Z = $12.387.608, 08$. Dalam penelitian ini, solusi yang dibutuhkan berupa bilangan bulat (*integer*), sehingga perhitungan dilanjutkan dengan metode *cutting plane*.

Selanjutnya dilakukan penyelesaian dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1b. Menyelesaikan masalah optimasi menggunakan metode simpleks dengan mengabaikan kondisi *integer*.
tabel optimal simpleks pada Tabel 5, baris Z sudah tidak ada yang bernilai negatif, artinya solusi optimal sudah diperoleh yaitu x_1 = 3000, x_2 = 3000, x_3 = 1.657,689582 dengan keuntungan Z = 12.387.608,08.

2b. Periksa solusi optimal. Jika solusi optimal sudah berupa bilangan bulat maka proses selesai. Jika tidak maka proses dilanjutkan ke langkah 3b.
Dari perhitungan simpleks pada Tabel 5, terdapat variabel keputusan yang masih berupa pecahan yaitu nilai x_3 sebesar 1.657,689582 sehingga penyelesaian ini belum memenuhi persyaratan yang dibutuhkan sehingga penyelesaian dilanjutkan ke langkah 3b.

3b. Pilih nilai variabel keputusan yang memiliki nilai pecahan terbesar, kemudian tambahkan kendala tambahan *gomory*. Berdasarkan Tabel 5 dan Persamaan (3) maka diperoleh :

$$Sg_1 - 0,00035459S_1 - 0,159461375S_6$$
$$-0,155917789S_7 = -0,689582.$$

4b. Selesaikan menggunakan metode dual simpleks dengan kendala tambahan *gomory* yang terpilih. Kemudian kembali ke langkah 2b.

Tabel awal dual simpleks dengan penambahan kendala *gomory* yang diletakkan pada baris terakhir, disajikan pada Tabel 6. Perhitungan dengan cara yang sama dengan perhitungan tabel simpleks,. Pada Tabel 6 diperoleh *leaving variable* atau baris kunci yaitu variabel Sg_1 sebesar -0,689582 dan *entering variable* atau kolom kunci yaitu terletak pada kolom S_1 karena memiliki nilai rasio terkecil yaitu -1268,998964 dengan elemen kunci yang terletak pada perpotongan kolom dan baris kunci yaitu -0,000354359 pada baris Sg_1 dan kolom S_1. Dengan demikian, perbaikan tabel optimal setelah penambahan kendala *gomory* diberikan pada Tabel 7.

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 7 diperoleh semua nilai pada baris Z sudah bernilai positif dan semua nilai kanan pada batasan kendala sudah bernilai positif dan semua nilai variabel keputusan sudah *integer*. Artinya solusi optimum yang dibutuhkan sudah diperoleh. Solusi optimum yang diperoleh yaitu x_1=3.000, x_2= 3.000,x_3=1.657dengan keuntungan Z= 12.386.733. Berdasarkan perhitungan model *de novo programming* maka keuntungan yang diperoleh apabila berproduksi berdasarkan perhitungan model *de novo programming* yaitu sebesar Rp12.386.733 untuk periode satu bulan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah dipaparkan dapat diambil kesimpulan bahwa hasil penyelesaian model *de novo programming* dengan perhitungan metode simpleks dan pembulatan solusi optimal menggunakan metode *cutting plane* didapat $x_1 = 3.000$, $x_2 = 3.000$, $x_3 = 1.657$, dengan $Z = 12.386.733$. Artinya, untuk memperoleh keuntungan yang optimal maka UKM Aneka Jamu Tradisional harus memproduksi jamu angin sebanyak 3.000 bungkus/bulan, jamu urat sebanyak 3.000 bungkus/bulan, dan jamu peluntur sebanyak 1.657 bungkus/bulan dengan keuntungan sebesar Rp12.386.733 dalam satu bulan.

Kontribusi Penulis. **Nurul Safitri**: Konseptualisasi, Metodologi, Analisis Formal, Investigasi, Kurasi Data, Penulisan – Persiapan Draf Asli. **Mariatul Kiftiah**: Validasi, Analisis Formal, Kurasi Data, Penulisan – Tinjauan dan Penyuntingan, Supervisi. **Meliana Pasaribu**: Validasi, Analisis Formal, Kurasi Data, Penulisan – Tinjauan dan Penyuntingan, Supervisi. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi manuskrip yang diterbitkan.

Ucapan Terima Kasih. Para penulis menyampaikan terima kasih kepada pemilik UKM Aneka Jamu Tradisional yang telah mengizinkan dan menyediakan data untuk mendukung pelaksanaan penelitian ini. Para penulis juga menyampaikan terima kasih kepada editor dan reviewer yang telah mendukung kami dalam memperbaiki naskah ini, dan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama pelaksanaan penelitian ini.

Pembiayaan. Penelitian ini tidak menerima pembiayaan eksternal

Konflik Kepentingan. Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan yang terkait dengan artikel ini.

Referensi

[1] S. Sinulingga, *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2009.

[2] A. Meflinda and Mahyarni, *Operations Research (Riset Operasi)*. Pekanbaru: UR Press, 2011.

[3] H. A. Taha, *Riset Operasi*. Jakarta: Binarupa Aksara, 2003.

[4] V. Susanti, "Optimalisasi Produksi Tahu Menggunakan Program Linear Metode Simpleks," *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, vol. 9, no. 2, pp. 399–406, 2021, doi: https://doi.org/10.26740/mathunesa.v9n2.p399-406.

[5] A. Widarman, H. S. Yudha, H. and M. R.R. Kamal, "Perencanaan Produksi Dengan Metode De Novo Programming Untuk Mengoptimalkan Keuntungan Perusahaan di CV. Jaya Mukti Bangkit Purwakarta," *Jurnal Teknologika*, vol. 12, no. 1, pp. 35-46, 2022. doi: https://doi.org/10.51132/teknologika.v12i1.158.

[6] W. Antika, S. Dur, and R. Aprilia, "Optimasi Produksi Gula Merah Home Industry dari Nira Sawit dengan Model De Novo Programming," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 7, no. 3, pp. 1327-1334, 2023. doi: https://doi.org/10.33379/gtech.v7i3.2975.

[7] S. Siswanto, *Operation Research*, Jilid 1. Jakarta: Erlangga, 2007.

[8] F. Jannah, N. Kusumastuti, and M. Pasaribu, "Optimalisasi Produksi Teh Bajakah Pada UKM Fahmy Printing Menggunakan Metode Pembobotan dan Metode Cutting Plane," *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, vol 11, no 2, pp. 363-372, 2022. doi: http://dx.doi.org/10.26418/bbimst.v11i02.53669.

[9] R. S. Budianti, Y. Ramdani, and Respitawulan, "Optimasi Produksi Buis Beton Menggunakan Model De Novo Programming pada Sakti Beton Jaya Mandiri," *Jurnal Riset Matematika*, vol 1, no. 1, pp. 46–56, 2021. doi: https://doi.org/10.29313/jrm.v1i1.161.

[10] R. F. Sari, R. Aprilia, and H. P. Rollingka, "Optimisasi Keuntungan Penjualan Kopi di Warung Bandar Kopi Deli Serdang dengan Metode Cutting Plane," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 6, no. 2, pp. 316-323, 2022. doi: https://doi.org/10.33379/gtech.v6i2.1698.

[11] S. Maslikhah, "Metode Pemecahan Masalah Pemrograman Integer," *At-Taqaddum*, vol. 7, no. 2, pp. 211-226, 2017. doi: https://doi.org/10.21580/at.v7i2.1203.

[12] Zulyadaini, *Program Linier*. Yogyakarta: Tangga Ilmu, 2017.

[13] S. Basriati, E. Safitri, and H. Najmi, "Integer Linear Programming Dengan Pendekatan Metode Cutting Plane Dan Metode Branch And Bound Untuk Optimasi Produksi Tahu," *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, vol. 4, no. 2, pp. 95-104, 2018. doi: http://dx.doi.org/10.24014/jsms.v4i2.6203.