

Penerapan Metode *Branch And Bound* Untuk Optimalisasi Biaya Pemupukan Kelapa Sawit

Indesyia Rusanti*

Prodi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

ARTICLE INFO

Article history :

Received : 16/9/2023
Revised : 3/12/2023
Published : 12/12/2023



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 3
No. : 2
Halaman : 101-110
Terbitan : **Desember 2023**

ABSTRAK

Kelapa sawit merupakan salah satu bahan baku perkebunan yang berperan penting dalam kegiatan perekonomian Indonesia sebagai penghasil minyak nabati yang dibutuhkan oleh industri. Ada beberapa faktor pendukung dalam budidaya kelapa sawit dalam pertumbuhannya, salah satunya adalah tersedianya unsur hara yang cukup dalam tanah. Pupuk merupakan bahan yang dapat digunakan untuk meningkatkan hasil tanaman, dan pupuk dapat mengimbangi hilangnya unsur hara pada tanah. Pemupukan bertujuan untuk menjamin kecukupan jumlah dan keseimbangan unsur hara tanaman agar benih dapat tumbuh dengan sebaik-baiknya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan solusi optimal dalam menentukan jumlah pupuk pada tanaman kelapa sawit agar mendapatkan biaya yang efisien. Pada penelitian ini, optimasi biaya pupuk tanaman kelapa sawit ini dilakukan dengan perhitungan menggunakan metode *Branch and Bound* dengan bantuan QM For Windows. Perhitungan berdasarkan QM For Windows menghasilkan pupuk Urea sebanyak 175 Karung, pupuk Rock Phosphate sebanyak 105 Karung, pupuk KCL sebanyak 157 Karung, pupuk Super Dolomit sebanyak 123 Karung dan biaya minimum sebesar Rp. 86.397.750.

Kata Kunci : Optimalisasi; Pupuk; Kelapa Sawit.

ABSTRACT

Palm oil is one of the raw materials for plantations which plays an important role in Indonesia's economic activities as a producer of vegetable oil needed by industry. There are several supporting factors in oil palm cultivation in its growth, one of which is the availability of sufficient nutrients in the soil. Fertilizer is a material that can be used to increase crop yields, and fertilizer can offset the loss of nutrients in the soil. Fertilization aims to ensure the adequate amount and balance of plant nutrients so that the seeds can grow as well as possible. The purpose of this research is to get the optimal solution in determining the amount of fertilizer in oil palm plants in order to get an efficient cost. In this study, optimizing the cost of fertilizer for oil palm plants was carried out by calculating using the *Branch and Bound* method with the help of QM For Windows. Calculations based on QM For Windows produce 175 sacks of Urea fertilizer, 105 sacks of Rock Phosphate fertilizer, 157 sacks of KCL fertilizer, 123 sacks of Super Dolomite fertilizer and a minimum cost of Rp. 86,397,750. The results obtained are still within the range of the maximum limit of nutrient requirements.

Keywords : Optimization, Fertilizers; Oil Palm.

@ 2023 Jurnal Riset Matematika Unisba Press. All rights reserved.

A. Pendahuluan

Matematika menyediakan sarana yang dapat mengoptimalkan biaya produksi pada industri. Masalah optimasi baik untuk meminimalkan permasalahan optimasi harga pupuk yang dapat diselesaikan dengan program linear (pemrograman linear). Dalam persoalan program linear solusi optimal yang dapat berupa bilangan pecahan, sedangkan di kehidupan nyata solusi optimal harus berupa bilangan bulat [1][2]. Persoalan program linear di mana solusi variabel keputusannya harus merupakan bilangan bulat disebut program *integer*. Program *integer* (*integer programming*) adalah program linear dengan penambahan Batasan bahwa beberapa atau semua variabelnya harus bernilai bulat [3][4].

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) merupakan salah satu bahan baku perkebunan yang berperan penting dalam kegiatan perekonomian Indonesia sebagai penghasil minyak nabati yang dibutuhkan oleh industri. Ada beberapa faktor pendukung dalam budidaya kelapa sawit dalam pertumbuhannya, salah satunya adalah tersedianya unsur hara yang cukup dalam tanah. Jika tanah tidak dapat menyediakan nutrisi yang cukup, maka untuk memenuhi kekurangannya yaitu dengan dipupuk. Namun, tidak hanya dalam kaitannya dengan kondisi tanah dan lingkungan, kebutuhan nutrisi dasar tanaman juga harus diperhatikan saat pemupukan [5][6]. Penggunaan pupuk tanaman kelapa sawit pada perkebunan kelapa sawit di PT Johan Sentosa kurang optimal. Di mana hal ini menyebabkan kurang optimalnya penggunaan pupuk pada tanaman dan menyebabkan pemborosan biaya yang dikeluarkan untuk pemupukan itu sendiri. Sehingga diperlukan optimalisasi dalam pemberian pupuk agar dapat meminimumkan biaya namun tetap mencukupi unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Persoalan ini dapat diformulasikan dalam model *integer linear programming*.

Beberapa metode telah dikembangkan untuk memecahkan masalah *integer linear programming* antara lain pembulatan, pendekatan grafik, dan metode *Branch and Bound*. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode *Branch and Bound* karena dalam pembiayaannya, hasil yang diperoleh harus berupa bilangan bulat atau *integer*. Metode *Branch and Bound* merupakan salah satu metode untuk menghasilkan penyelesaian optimal pemrograman linear yang menghasilkan variabel-variabel keputusan bilangan bulat. Metode *Branch and Bound* telah menjadi standar untuk program *integer*, dan untuk penerapan-penerapan dalam praktik tampaknya menyarankan bahwa metode ini lebih efisien dibanding metode lain [7][8][9].

Penelitian ini menggunakan data rekomendasi pupuk tahun 2021 yang digunakan perusahaan perkebunan kelapa sawit di PT Johan Sentosa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan solusi optimal dalam menentukan jumlah pupuk pada tanaman kelapa sawit agar mendapatkan biaya optimal. Optimasi biaya pupuk tanaman kelapa sawit ini dilakukan dengan perhitungan menggunakan metode *Branch and Bound* dengan bantuan *QM For Windows* untuk mempermudah proses pengolahan data serta membandingkan hasil perhitungan antara manual dan *software* untuk menghindari kesalahan perhitungan.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif, data yang digunakan merupakan data primer dan data sekunder. Data primer berupa informasi penggunaan jenis pupuk, jumlah pupuk yang digunakan serta biaya pupuk yang dikeluarkan untuk pemupukan kelapa sawit di perkebunan PT Johan Sentosa tahun 2021. Sedangkan data sekunder berasal dari studi literatur penelitian terdahulu yang memuat informasi terkait objek maupun metode yang digunakan. Data kandungan pupuk yang digunakan diperoleh dengan mencari informasi dari situs *website* PT Pupuk Indonesia dan Cybext yang terdapat kalkulasi kandungan pupuk.

Integer Linear Programming

Program linear adalah teknik solusi optimal untuk masalah keputusan dengan terlebih dahulu menemukan fungsi tujuan (maksimalisasi atau minimalisasi) dan kendala yang ada dalam model matematika persamaan linear. Model pemrograman linear adalah susunan untuk menggambarkan masalah yang dapat diselesaikan dengan menggunakan teknik pemrograman linear [10].

Integer programming adalah salah satu cara untuk memprogram matematika. Pemrograman linear bilangan bulat adalah masalah khusus pemrograman linear di mana semua atau beberapa variabel dibatasi menjadi bilangan bulat non-negatif. Metode penyelesaian masalah program linear bilangan bulat diawali

dengan penggunaan metode simpleks [10][11]. Model persoalan *integer programming* secara umum diformulasikan sebagai berikut:

$$\text{Maks/Min } z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \tag{1}$$

Berdasarkan:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j &\leq/\geq b_i; \quad i = 1, \dots, m \\ x_j &\geq 0; \quad j = 1, \dots, m \\ x_j &\text{ integer untuk } j = 1, 2, \dots, p \quad (p \leq n) \end{aligned} \tag{2}$$

Metode Simpleks

Metode simpleks adalah salah satu cabang dari linear programming yang digunakan sebagai alat untuk memecahkan masalah yang melibatkan dua atau lebih variabel keputusan. Metode ini menggunakan pendekatan tabular yang disebut simpleks. Proses eksekusi untuk mendapatkan hasil yang optimal dengan memvariasikan tabel sederhana hingga diperoleh hasil positif untuk semua elemen nilai secara berurutan [10]. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan program linier dengan metode simpleks adalah sebagai berikut [12]: (1) Mengubah rumusan masalah program linier ke bentuk standar metode simpleks. Kendala diubah menjadi bentuk persamaan, dengan menambahkan variabel *slack* untuk kendala bertanda \leq , untuk kendala bertanda \geq dikurangi dengan *surplus* dan untuk kendala bertanda $=$ maka ditambahkan variabel *artificial*; (2) Menyusun persoalan program linier yang sudah diubah ke bentuk standar ke dalam tabel awal simpleks; (3) Menentukan kolom kunci; (4) Menentukan baris kunci; (5) Melakukan operasi baris elementer untuk membuat koefisien *entering variable* pada baris kunci menjadi 1 dan 0 pada baris-baris lainnya; (6) Kembali ke Langkah (3); (7) Solusi dikatakan optimal apabila pada baris fungsi tujuan z sudah bernilai non negatif (positif atau nol) untuk kasus maksimasi, dan untuk kasus minimasi, solusi sudah optimal apabila pada baris fungsi tujuan z sudah bernilai non positif (negatif atau nol).

Dual Simpleks

Metode dual simpleks digunakan untuk menyelesaikan masalah program linear yang sudah optimal masih memiliki kendala non-negatif, yang tidak terpenuhi (belum fisibel). Untuk menggunakan metode ini pembatas harus merupakan pertidaksamaan dengan tanda \geq dan fungsi tujuan z bisa maksimal atau minimal. Metode dual simpleks pada dasarnya menggunakan tabel yang sama seperti metode simpleks biasa, namun untuk menentukan *leaving variable* dan *entering variable*-nya dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut [13]: (1) *Leaving Variable* (LV). LV adalah variabel basis yang memiliki nilai negatif terbesar; (2) *Entering Variable* (EV). Menentukan rasio yaitu perbandingan antara koefisien persamaan z dengan koefisien persamaan *leaving variable* dengan mengabaikan penyebut yang positif atau nol. Persoalan tidak memiliki solusi fisibel apabila semua penyebutnya positif atau nol. Variabel dengan rasio absolut terkecil merupakan *entering variable* untuk persoalan maksimasi. Sedangkan, untuk persoalan minimasi *entering variable*-nya merupakan variabel dengan rasio terkecil; (3) Apabila pada kolom NK sudah bernilai positif, sedangkan baris fungsi tujuan z sudah bernilai positif atau nol untuk kasus maksimasi dan bernilai negatif atau nol untuk kasus minimasi, maka solusi sudah optimal.

Metode Branch and Bound

Metode *Branch and Bound* merupakan metode yang membagi masalah ke dalam sub masalah (*branching*) dengan menambahkan batasan baru (*bound*) [10]. Pada penelitian ini menggunakan metode *Branch and Bound* karena hasil yang ingin diperoleh berupa bilangan *integer*. Berikut ini langkah-langkah dalam menyelesaikan permasalahan *integer programming* dengan metode *Branch and Bound* [1]: (1) Menyelesaikan permasalahan program linear dengan metode simpleks biasa; (2) Apabila variabel basis sudah bernilai *integer*, maka solusi optimal telah tercapai. Tetapi apabila belum bernilai *integer*, maka lanjut ke Langkah (3); (3) Melakukan

percabangan ke dalam sub-masalah dengan memilih variabel yang memiliki nilai pecahan terbesar dari masing-masing variabel. Buat dua pembatas baru yaitu $x_j \leq \lfloor x_j^* \rfloor$ dan $x_j \geq \lfloor x_j^* \rfloor + 1$; (4) Solusi pada Langkah (1) dijadikan sebagai batas atas. Sedangkan, batas bawahnya adalah solusi yang variabel keputusannya telah dibulatkan; (5) Menyelesaikan permasalahan program linear dengan pembatas baru yang sudah ditambahkan di setiap sub-masalah; (6) Apabila sub-masalah belum menghasilkan solusi *integer*, maka dipilih sub-masalah dengan batas atas terbaik untuk dicabangkan kembali seperti langkah (3); (7) Solusi dikatakan optimal apabila variabel basisnya sudah bernilai *integer*.

QM For Windows

QM merupakan singkatan dari yang *Quantitatif Method* mempunyai arti perangkat lunak dan beserta buku-buku teks tentang manajemen operasi yang diterbitkan oleh *Prentice-Hall's*. Ada tiga perangkat lunak sejenis yang mereka luncurkan yakni *DS for Windows*, *POM for Windows* dan *QM for Windows*. *POM for Windows* adalah paket yang digunakan untuk manajemen operasi, *QM for Windows* adalah paket yang digunakan untuk metode kuantitatif untuk bisnis dan *DS for Windows* adalah gabungan dari kedua paket sebelumnya [14].

C. Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu rekomendasi pupuk tahun 2021 di perkebunan kelapa sawit PT Johan Sentosa pada blok D 4 dengan luas 30 Ha dengan dosis pupuk yang telah ditetapkan oleh riset. Banyak faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman kelapa sawit, faktor alam dan faktor lingkungan. Faktor alam yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman kelapa sawit adalah curah hujan. Sedangkan faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman kelapa sawit, antara lain luas lahan, jumlah tanaman, tenaga kerja, pestisida, dan pupuk. Perhitungan pada penelitian menggunakan faktor pupuk yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman kelapa sawit. Hal ini dikarenakan pupuk memiliki pengaruh yang besar pada pertumbuhan kelapa sawit. Bahwa pada faktor alam dan faktor lingkungan selain dari pupuk, dalam hal ini diamsusikan diabaikan untuk mempermudah proses perhitungan dan pada penambahan batas atas pada kendala dilakukan perhitungan menggunakan *software QM For Windows*.

Adapun data pupuk yang digunakan dalam pemupukan kelapa sawit sebagai berikut:

Tabel 1. Data Dosis Pupuk dengan Luas 30 Ha

Jumlah Pokok	Aplikasi ke	Urea (kg/ph)	RP (kg/ph)	MOP/KCL (kg/ph)	Super Dolomite (kg/ph)
3.488	I	1,25	1,50	1,25	1,75
	II	1,25	-	1,00	-
Harga Per Karung		Rp. 230.750	Rp. 81.900	Rp. 208.750	Rp. 37.750

Sumber: Data Rekomendasi Pupuk 2021 pada Perusahaan PT Johan Sentosa

Adapun data kandungan pupuk dari setiap jenis pupuk yang digunakan sebagai berikut:

Tabel 2. Data Kandungan Pupuk

Jenis Pupuk	Nitrogen	Kalium	Kalsium	Fosfat	Magnesium
Urea	0,46	-	-	-	-
Rock Phosphate (RP)	-	-	0,46	0,28	-
MOP/KCL	-	0,60	-	-	-
Super Dolomite	-	-	0,31	-	0,21

Sumber: PT Pupuk Indonesia dan Cybext

Perhitungan Menggunakan Metode Branch and Bound

Penggunaan pupuk pada tanaman kelapa sawit di PT Johan Sentosa dapat dilihat pada Tabel 1. Dan kandungan yang terdapat pada setiap jenis pupuk dapat dilihat pada Tabel 2. Data yang digunakan adalah rekomendasi pupuk 2021 yang digunakan pada tanaman kelapa sawit di perkebunan kelapa sawit PT Johan Sentosa dan kandungan unsur hara pada setiap jenis pupuknya. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. dan Tabel 2. Untuk menghitung kebutuhan minimum unsur hara yang diperlukan tanaman dapat menggunakan data pada Tabel 1. Dan Tabel 2. dengan rumus yaitu:

$$Kebutuhan\ Minimum = \frac{(Dosis\ Pupuk \times Jumlah\ Pokok) \times Jumlah\ Kandungan\ Unsur\ Hara\ Per\ Karung}{Berat\ Pupuk\ Per\ Karung} \quad (3)$$

Dimana untuk berat pupuk per karung untuk setiap jenis pupuk diketahui yaitu 50 kg. Berdasarkan data dari Tabel 1. dan Tabel 2. maka diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 3. Data Jenis Pupuk dan Harga Pupuk

Jenis Pupuk	Jumlah Kandungan Unsur Hara Per Karung (%)					Harga Per Karung
	Nitrogen	Kalium	Kalsium	Fosfat	Magnesium	
Urea	0,46	-	-	-	-	Rp. 230.750
RP	-	-	0,46	0,28	-	Rp. 81.900
MOP	-	0,60	-	-	-	Rp. 208.750
Dolomite	-	-	0,31	-	0,21	Rp. 37.750
Kebutuhan Minimum	80,22	94,18	85,98	29,30	25,64	

Sumber: Data Rekomendasi Pupuk 2021 di PT Johan Sentosa, PT Pupuk Indonesia dan Cybext

Sehingga dapat dirumuskan model program linear sebagai berikut:

Meminimumkan:

$$Zmin = 230750x_1 + 81900x_2 + 208750x_3 + 37750x_4$$

Dengan kendala:

$$\begin{aligned} 0,46x_1 &\geq 80,22 \\ 0,28x_2 &\geq 29,30 \\ 0,46x_2 + 0,31x_4 &\geq 85,98 \\ 0,60x_3 &\geq 94,18 \\ 0,21x_4 &\geq 25,64 \\ x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; x_3 \geq 0; x_4 &\geq 0 \end{aligned}$$

Dimana

x_1 = Pupuk Jenis Urea

x_2 = Pupuk Jenis Rock Phosphate (RP)

x_3 = Pupuk Jenis MOP/KCL

x_4 = Pupuk Jenis Super Dolomite

Sebelum melakukan perhitungan pada permasalahan optimasi biaya pemupukan kelapa sawit pada PT Johan Sentosa, maka pada kendala permasalahan dilakukan perkalian 100 pada kedua ruasnya untuk mengubah bentuk desimal menjadi bentuk *integer* untuk memudahkan dalam perhitungan. Maka bentuk primal dari permasalahan optimasi biaya pemupukan kelapa sawit pada PT Johan Sentosa adalah sebagai berikut:

$$Zmin = 230750x_1 + 81900x_2 + 208750x_3 + 37750x_4$$

Dengan kendala:

$$46x_1 \geq 8022$$

$$28x_2 \geq 2930$$

$$46x_2 + 31x_4 \geq 8598$$

$$60x_3 \geq 9418$$

$$21x_4 \geq 2564$$

$$x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; x_3 \geq 0; x_4 \geq 0$$

Langkah awal adalah mengubah bentuk primal program linear ke dalam bentuk dual program linear. Bentuk dual program linear pada masalah optimasi biaya pemupukan kelapa sawit pada PT Johan Sentosa adalah sebagai berikut:

$$Zmax = 8022y_1 + 2930y_2 + 8598y_3 + 9418y_4 + 2564y_5$$

Dengan kendala:

$$46y_1 \leq 230750$$

$$28y_2 + 46y_3 \leq 81900$$

$$60y_4 \leq 208750$$

$$31y_3 + 21y_5 \leq 37750$$

$$y_1 \geq 0; y_2 \geq 0; y_3 \geq 0; y_4 \geq 0; y_5 \geq 0$$

Memasukkan model program linear ke dalam table awal metode dual simpleks. Maka tabel awal metode dual simpleks pada masalah optimasi biaya pemupukan kelapa sawit pada PT Johan Sentosa adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Awal Simpleks Biaya Pemupukan Kelapa Sawit

Iterasi-0	C_j	8022	2930	8598	9418	2564	0	0	0	0	MinRat	
B	C_B	y_B	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	S_1	S_2	S_3	S_4	y_B/y_4
S_1	0	230750	46	0	0	0	0	1	0	0	0	
S_2	0	81900	0	28	46	0	0	0	1	0	0	

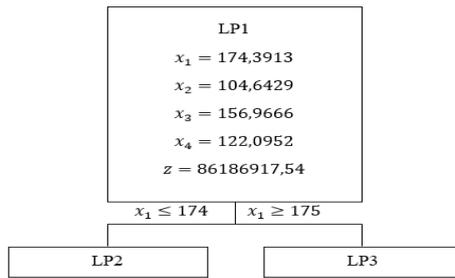
Iterasi-0	C_j	8022	2930	8598	9418	2564	0	0	0	0	
											$\frac{208750}{60}$
S_3	0	208750	0	0	0	60	0	0	0	1	0
											= 3479,1667
S_4	0	37750	0	0	31	0	21	0	0	0	1
$Z = 0$	z_j	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$z_j - C_j$	-8022	-2930	-8598	-9418	-2564	0	0	0	0	0

Sehingga diperoleh tabel optimal sebagai berikut:

Tabel 5. Optimal Simpleks

Iterasi-5	C_j	8022	2930	8598	9418	2564	0	0	0	0		
B	C_B	y_B	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	S_1	S_2	S_3	S_4	MinRat
y_1	8022	$\frac{230750}{46}$	1	0	0	0	0	$\frac{1}{46}$	0	0	0	
y_2	2930	2925	0	1	$\frac{23}{14}$	0	0	0	$\frac{1}{28}$	0	0	
y_4	9418	$\frac{208750}{60}$	0	0	0	1	0	0	0	$\frac{1}{60}$	0	
y_5	2564	$\frac{37750}{21}$	0	0	$\frac{31}{21}$	0	1	0	0	0	$\frac{1}{21}$	
$Z =$		z_j	8022	2930	8598	9418	$\frac{180558}{31}$	$\frac{4011}{23}$	$\frac{2930}{28}$	$\frac{4709}{30}$	$\frac{2564}{21}$	
86186930,38		$z_j - C_j$	0	0	0	0	$\frac{180558}{31}$	$\frac{4011}{23}$	$\frac{2930}{28}$	$\frac{4709}{30}$	$\frac{2564}{21}$	

Berdasarkan tabel akhir metode dual simpleks, nilai optimal yang diperoleh yaitu $x_1 = 174,3913, x_2 = 104,6429, x_3 = 156,9666, x_4 = 122,0952$. Karena nilai variabel keputusan yang diharapkan bernilai *integer*, maka dilanjutkan dengan *integer linear programming* dengan metode *Branch and Bound*. Langkah-langkah dalam menyelesaikan model metode *Branch and Bound* adalah sebagai berikut: (1) Memeriksa solusi optimal tabel dual simpleks. Tabel optimal dual simpleks menunjukkan masing-masing variabel keputusan belum bernilai *integer*, sehingga dapat melakukan perhitungan dengan melakukan percabangan pada masing-masing variabel keputusan; (2) Melakukan percabangan terhadap x_1 dimana $x_1 = 174,3913$ maka x_1 menjadi variabel untuk percabangan dengan dua Batasan yaitu $x_1 \leq 174$ dan $x_1 \geq 175$; (3) Solusi optimal metode dual simpleks disebut sebagai LP1; (4) LP1 dibentuk 2 percabangan yaitu LP2 dengan menambahkan batasan $x_1 \leq 174$ dan LP3 dengan menambahkan batasan $x_1 \geq 175$. Percabangan LP1 dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Percabangan Awal LP1

Model LP2 dan LP3 yang ditambahkan dengan batasan baru adalah sebagai berikut:

LP2

Minimumkan $Z = 230750x_1 + 81900x_2 + 208750x_3 + 37750x_4$

Dengan kendala:

$$\begin{aligned}
 46x_1 &\geq 8022 \\
 28x_2 &\geq 2930 \\
 46x_2 + 31x_4 &\geq 8598 \\
 60x_3 &\geq 9418 \\
 21x_4 &\geq 2564 \\
 x_1 &\leq 174 \\
 x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; x_3 \geq 0; x_4 \geq 0
 \end{aligned}$$

Solusi pada LP2 tidak fisibel, sehingga LP2 tidak dilanjutkan dengan percabangan.

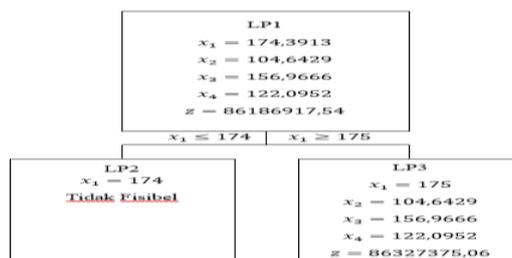
LP3

Minimumkan $Z = 230750x_1 + 81900x_2 + 208750x_3 + 37750x_4$

Dengan kendala:

$$\begin{aligned}
 46x_1 &\geq 8022 \\
 28x_2 &\geq 2930 \\
 46x_2 + 31x_4 &\geq 8598 \\
 60x_3 &\geq 9418 \\
 21x_4 &\geq 2564 \\
 x_1 &\geq 175 \\
 x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; x_3 \geq 0; x_4 \geq 0
 \end{aligned}$$

Solusi optimal pada LP3 yaitu $x_1 = 175; x_2 = 104,6429; x_3 = 156,9666; x_4 = 122,0952$ dan $z = 86327375,06$. Percabangan pada LP2 dan LP3 dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. Percabangan Model LP2 dan LP3

LP3 dibentuk dua percabangan terhadap x_2 yaitu LP4 dengan menambahkan batasan $x_2 \leq 104$ dan LP5 dengan menambahkan batasan $x_2 \geq 105$. Begitu seterusnya sampai diperoleh nilai variabel keputusan bernilai *integer*.

Berdasarkan metode *Branch and Bound* diperoleh nilai *integer* yaitu $x_1 = 175, x_2 = 105, x_3 = 157, x_4 = 123$ dan $z = 86397750$, maka solusi dikatakan optimal.

Perhitungan Menggunakan Software *QM For Windows*

Penggunaan *software QM For Windows* diperlukan untuk memudahkan dalam proses pengolahan data serta menyamakan hasil perhitungan secara manual dan hasil yang diperoleh dari *software* serta menghindari kesalahan dalam perhitungan (*human error*).

	X1	X2	X3	X4		RHS
1000 Solution						
Minimize	230750	81900	208750	37750		
Constraint 1	46	0	0	0	>=	8022
Constraint 2	0	28	0	0	>=	2930
Constraint 3	0	46	0	31	>=	8598
Constraint 4	0	0	60	0	>=	9418
Constraint 5	0	0	0	21	>=	2564
Variable type (click to set)	Integer	Integer	Integer	Integer		
Solution->	175	105	157	123	Optim...	8639...

Gambar 3. Hasil Perhitungan Menggunakan *QM For Windows*

Gambar 3. merupakan hasil pengolahan data menggunakan *software QM For Windows*. Hasil yang diperoleh dari *software* dapat diketahui bahwa kombinasi jumlah pupuk yang diperlukan untuk tanah seluas 30 Ha yaitu pupuk urea sebanyak 175 karung, pupuk RP sebanyak 105 karung, pupuk KCL sebanyak 157 karung, dan pupuk super dolomite sebanyak 123 karung. Dengan total biaya minimum yang diperoleh sebesar Rp. 86.397.750. hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode *Branch and Bound* sudah bernilai *integer*, maka solusi dikatakan optimal.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil Analisa dan pembahasan yang telah dijabarkan, permasalahan optimasi biaya pemupukan kelapa sawit di PT Johan Sentosa dapat diselesaikan menggunakan *integer linear programming*. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode *Branch and Bound*. Berdasarkan solusi optimal yang diperoleh dengan menggunakan metode *Branch and Bound* dapat disimpulkan bahwa perusahaan PT Johan Sentosa harus menyediakan pupuk urea sebanyak 175 karung, pupuk rock phosphate sebanyak 104 karung, pupuk KCL sebanyak 157 karung, dan pupuk super dolomit sebanyak 123 karung sehingga diperoleh biaya minimum sebesar Rp. 86.397.750 untuk setiap 30 Ha dalam satu tahun. Selain itu, penggunaan *software QM For Windows* menunjukkan hasil yang sama dengan perhitungan yang dilakukan secara manual. Adapun hasil yang diperoleh masih dalam rentang batas maksimal kebutuhan unsur haranya.

Daftar Pustaka

- [1] S. Basriati *et al.*, “Penggunaan Metode Cutting Plane dalam Menentukan Solusi Integer Linear Programming (Studi Kasus: Dinas Perikanan Pemerintah Kabupaten Kampar),” *Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri*, pp. 2579–5406, 2018.
- [2] A. Nurkholis and I. S. Sitanggang, “Optimization for prediction model of palm oil land suitability using spatial decision tree algorithm,” *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 8, no. 3, pp. 192–200, Jul. 2020, doi: 10.14710/jtsiskom.2020.13657.
- [3] M. Muslich, *Metode pengambilan keputusan kuantitatif*, 1st ed. Jakarta: Bumi Aksara, 2010.
- [4] E. Safitri *et al.*, “Penerapan Metode Cutting Plane untuk Optimasi Biaya Pemupukan pada Tanaman Cabai (Studi Kasus: Kelompok Wanita Tani Sentosa Santul),” *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, vol. 6, no. 1, 2020.

- [5] H. Saputra, Sudradjat, and S. Yahya, “Optimasi Paket Pupuk Tunggal pada Tanaman Kelapa Sawit Belum Menghasilkan Umur Satu Tahun,” *Jurnal Agronomi*, vol. 43, no. 2, pp. 161–167, 2015.
- [6] A. Budiargo, R. Poerwanto, and Sudradjat, “Manajemen Pemupukan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Perkebunan Kelapa Sawit, Kalimantan Barat,” *Bul. Agrohorti*, vol. 3, no. 2, pp. 221–231, 2015.
- [7] S. Mulyono, *Riset Operasi*. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, 2004.
- [8] R. A. Jannah and R. Sriningsih, “Optimasi Hasil Produksi Tahu dan Tempe dengan Metode *Branch and Bound* dan Metode Cutting Plane,” *Journal of Mathematics UNP*, vol. 3, no. 1, pp. 42–47, 2018.
- [9] E. S. Pratiwi and Respitawulan, “Pemodelan Hasil Panen Tanaman Kaktus dengan Matriks Pita,” *Jurnal Riset Matematika*, pp. 1–8, Jul. 2022, doi: 10.29313/jrm.v2i1.665.
- [10] S. Supatimah, Farida, and S. Andriani, “Optimasi Keuntungan dengan Metode *Branch and Bound*,” *AKSIOMA: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 10, no. 1, pp. 13–23, 2019.
- [11] R. H. Marasabessy, *Sejarah Pemikiran Ekonomi Islam Klasik*, vol. 16, no. 1. 2022. doi: 10.36769/asy.v16i1.221.
- [12] A. Meflinda, *Operations Research (Riset Operasi)*. UR Press, 2011.
- [13] A. Dimiyati and T. Dimiyati, *Operation Research Model-Model Pengambilan Keputusan*, 2nd ed. Bandung: Sinar Baru Algensindo, 2015.
- [14] E. Marlina and E. Harahap, “Mengembangkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Resiliensi Matematik Melalui Pembelajaran Program Linier Berbantuan QM for Windows Developing Critical Thinking and Resiliency Mathematical Abilities Through Linear Programming Teaching Assisted With QM for Windows,” *Jurnal Matematika*, vol. 17, no. 2, pp. 59–70, 2018, [Online]. Available: <http://ejournal.unisba.ac.idDiterima:26/09/2018Disetujui:16/11/2018PublikasiOnline:30/11/2018>