

Optimasi Biaya Pemupukan Kelapa Sawit Menggunakan Metode Simpleks di PT Hutahaeen Perkebunan Dalu–Dalu

Yuriska Pasaribu^{1*}, Sherli Yurinanda²

^{1,2}Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

ABSTRAK

Kelapa sawit merupakan salah satu penghasil minyak nabati dunia. Sejak tahun pertama penanaman, bahkan tahap sebelum penanaman, tanaman ini memerlukan pupuk untuk tumbuh dan menghasilkan tandan buah segar (TBS) secara optimal. Biaya untuk pemupukan sangat besar yakni sekitar 40–60% dari keseluruhan biaya pemeliharaan. Penelitian ini memanfaatkan data rekomendasi pemupukan untuk tanaman belum menghasilkan (TBM) 1 di PT Hutahaeen Perkebunan Dalu–Dalu. Pupuk yang digunakan ialah NPK, hi kay plus, urea, dan kieserite. Berdasarkan survei gudang, ditemukan pupuk yang direkomendasikan mengandung unsur hara yang sama dalam jumlah yang bervariasi, sehingga menyebabkan tumpang tindih unsur hara. Keadaan ini menunjukkan adanya potensi ketidakefisienan dalam penentuan jumlah pupuk yang diminta oleh bagian logistik, yang dapat mengakibatkan biaya pupuk yang lebih tinggi. Permasalahan ini dirumuskan dalam bentuk pemrograman linier dengan metode simpleks untuk menemukan biaya pemupukan terendah. Perhitungan ini menghasilkan kombinasi pupuk yang optimal untuk memenuhi kebutuhan unsur hara tanaman dengan cara yang efektif dan efisien. Jumlah permintaan pupuk optimal yang diperoleh adalah 18.655,688 kg NPK, 22.385,9145 kg hi kay plus, 11.940,304 kg urea, dan 10.447,493 kg kieserite. Perhitungan ini berhasil mengoptimalkan biaya pemupukan sebesar Rp 4.302.957,573

ABSTRACT

Palm oil is one of the world's producers of vegetable oil. From the first year of planting, even before planting, this crop requires fertilizer to grow and produce fresh fruit bunches (FFB) optimally. The cost of fertilization is very high, accounting for approximately 40–60% of the total maintenance costs. This research utilizes fertilizer recommendation data for non-bearing plants (NBP) 1 at PT Hutahaeen Perkebunan Dalu–Dalu. The fertilizers used are NPK, hi-kay plus, urea, and kieserite. Based on a warehouse survey, it was found that the recommended fertilizer contains the same nutrients in varying amounts, leading to nutrient overlap. This situation indicates potential inefficiencies in determining the amount of fertilizer requested by the logistics department, which could lead to higher fertilizer costs. This problem is formulated as a linear programming problem with the simplex method to find the lowest fertilization cost. This calculation results in an optimal fertilizer combination to meet the plant's nutrient requirements effectively and efficiently. The optimal fertilizer demand obtained is 18,655.688 kg NPK, 22,385.9145 kg hi-kay plus, 11,940.304 kg urea, and 10,447.493 kg kieserite. This calculation successfully optimized fertilization costs by IDR 4,302,957.573.

Kata Kunci: Simpleks; Pemupukan Kelapa Sawit; Program Linear

Email: *yuriskapasaribu@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.30829/jistech.v10i2.27209>

Diterima 2 November 2025; Direvisi 10 Desember 2025; Disetujui 25 Desember 2025



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution–NonCommercial–ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Pendahuluan

Kelapa sawit merupakan salah satu sumber minyak nabati terbesar di seluruh dunia. Minyak nabati dihasilkan dari pengolahan tandan buah segar (TBS) [1]. Proses pemupukan memiliki peranan yang krusial dalam meningkatkan hasil produksi. Pemupukan tidak hanya terpengaruh oleh kondisi tanah dan lingkungan, namun juga harus memperhatikan kebutuhan unsur hara dari tanaman itu sendiri [2]. Kandungan unsur hara yang harus diperhatikan dalam pemupukan kelapa sawit meliputi nitrogen, fosfor, kalium, magnesium, dan boron. Unsur hara tersebut diberikan melalui proses pemupukan [3].

Biaya untuk pemupukan tergolong besar dan berkisar antara 40-60% dari seluruh biaya pemeliharaan [4][5]. Setiap jenis pupuk memiliki kandungan unsur hara yang sama, namun dengan jumlah yang bervariasi [6]. Oleh karena itu, perlu ada cara perhitungan yang tepat untuk menentukan jenis pupuk yang menawarkan unsur hara dengan biaya paling rendah tanpa mengurangi kebutuhan unsur hara tanaman. Pemberian pupuk yang berlebih dibandingkan dengan kebutuhan tanaman dapat mengakibatkan penurunan hasil dan berpotensi merusak kualitas tanah [7]. Situasi ini mengarah pada pengeluaran tambahan untuk memperbaiki tanah, pemeliharaan, dan bahkan pemberian pupuk kembali.

Berdasarkan penjelasan di atas, permasalahan ini dapat diselesaikan menggunakan metode simpleks, karena metode ini tergolong sederhana namun sangat efektif dalam menyelesaikan masalah linear yang melibatkan banyak variabel keputusan dan kendala [8]. Metode Simpleks dapat menentukan jumlah dan jenis pupuk dengan biaya terendah, namun tetap memperhatikan dosis dan kandungan unsur haranya. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh adalah *feasible* karena memenuhi semua kendala [9]. Menurut [10], metode simpleks mampu menemukan solusi dengan cara yang sistematis dan akurat serta kemudahan dalam menerapkan model matematis dalam pengoptimalan. Oleh karena itu, penulis menggunakan metode Simpleks untuk menentukan jumlah pupuk yang paling efektif dan efisien agar diperoleh biaya pemupukan yang optimal.

Metodologi Penelitian

Pemupukan adalah proses penting untuk meningkatkan hasil pertanian, dan sudah menjadi kegiatan yang dilakukan oleh petani sejak lama. Tujuan pemupukan adalah untuk memaksimalkan pertumbuhan serta hasil tanaman [11]. Diperlukan pemupukan yang efektif dan efisien di lapangan. Untuk mencapai pemupukan kelapa sawit yang optimal, pengelolaan pemupukan di lapangan harus dilakukan sebaik mungkin, dengan pemupukan yang teratur, tepat jumlahnya, serta seimbang, menggunakan jenis pupuk yang sesuai, dosis yang akurat, waktu dan metode aplikasi yang tepat, serta pemantauan pemupukan yang lebih tepat [12].

Pemrograman linier adalah perencanaan kegiatan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Pemrograman linier digunakan untuk memecahkan masalah dalam proses maksimisasi atau minimisasi, menggunakan teknik matematik dalam bentuk ketidaksamaan linear [13]. Karakteristik-karakteristik yang digunakan dalam pemecahan suatu masalah linear programming antara lain fungsi tujuan memaksimalkan atau meminimumkan, variabel keputusan dan kendala [14]. Bentuk umum model pemrograman linier adalah sebagai berikut:

$$\text{Maksimum/Minimum } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Dengan kendala

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

⋮

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

Dengan syarat:

$$x_1, x_2, \dots, x_n \in \mathbb{Z} \geq 0, b_i \geq 0, \text{ untuk semua } i = 1, 2, \dots, m \text{ dan } j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Metode simpleks adalah metode yang biasanya digunakan untuk menghitung dan menyimpan banyak nilai pada iterasi saat ini dan untuk membuat keputusan pada iterasi selanjutnya [15]. Secara umum, metode simpleks menggunakan tabel iterasi mulai dari tabel awal yang menyediakan solusi awal yang dasar hingga mencapai solusi optimal pada tabel terakhir [16].

Menurut [17] langkah-langkah yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah program linear menggunakan metode simpleks adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi variabel keputusan yang akan digunakan kemudian bentuk dalam matematis
2. Identifikasi tujuan yang ingin dicapai dan batasan yang ingin dicapai
3. Ubah tujuan menjadi fungsi implisit dan kendala dalam bentuk persamaan dengan menambahkan variabel *slack* untuk kendala yang bertanda $\leq$, untuk $\geq$ dikurangi dengan *surplus* dan untuk $=$ ditambahkan variabel *artificial*
4. Masukkan data fungsi tujuan dan kendala yang dimodifikasi ke dalam tabel
5. Menentukan kolom pivot, baris pivot, dan angka pivot
6. Menentukan variabel masuk dan variabel keluar
7. Melakukan iterasi dengan proses sebagai berikut:
 - a. Menemukan elemen baris baru dari baris pivot dihitung dengan membagi nilai yang ada pada baris pivot tersebut dengan angka pivot
 - b. Menemukan baris baru yang lain dengan cara:
 Baris baru = (baris lama) – [(baris pivot × rasio tetap)]
 Rasio tetap = (angka kolom pivot) : (angka pivot)
8. Melanjutkan perbaikan-perbaikan, dimana mengulangi langkah ke-5 sampai langkah ke-8 untuk memperbaiki tabel yang telah diubah atau diperbaiki nilainya. Perubahan baru berhenti setelah nilai $c_j - z_j$ tidak ada lagi bernilai negatif, untuk minimasi berarti tabel tersebut sudah merupakan hasil optimal.

Penelitian ini menggunakan data sekunder meliputi data historis pemupukan, harga pupuk, serta dosis pupuk Tanaman Belum Menghasilkan (TBM) 1 yang digunakan di PT HUTAHAEAN Perkebunan Dalu-Dalu. Adapun langkah-langkah penyelesaian optimasi untuk biaya pemupukan TBM 1 Di PT PT HUTAHAEAN Perkebunan Dalu-Dalu adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari data pemupukan kelapa sawit TBM 1 yaitu

- Dosis pupuk yang digunakan TBM 1 di PT HUTAHAEAN Perkebunan Dalu-dalu pada tahun pertama penanaman
- Jenis pupuk yang digunakan TBM 1 di PT HUTAHAEAN Perkebunan Dalu-dalu pada tahun pertama penanaman
- Harga pupuk yang digunakan TBM 1 pada tahun 2024
- Jumlah pokok kelapa sawit TBM 1

2. Menghitung jumlah kebutuhan minimum unsur hara

Langkah ini untuk mengetahui unsur hara yang terkandung dalam setiap jenis pupuk yang digunakan dengan cara melihat langsung ke logistik pupuk dan mencatat jumlah unsur haranya. Setelah itu dilakukan perhitungan kebutuhan minimumnya dengan menggunakan rumus kebutuhan minimum pupuk [18]

$$\text{Kebutuhan Minimum} = \frac{\text{Dosis Pupuk} \times \text{Jumlah pokok} \times \text{Kandungan unsur hara}}{\text{Berat pupuk dalam satu karung}}$$

3. Menentukan variabel keputusan

4. Membentuk model *Linear Programming*

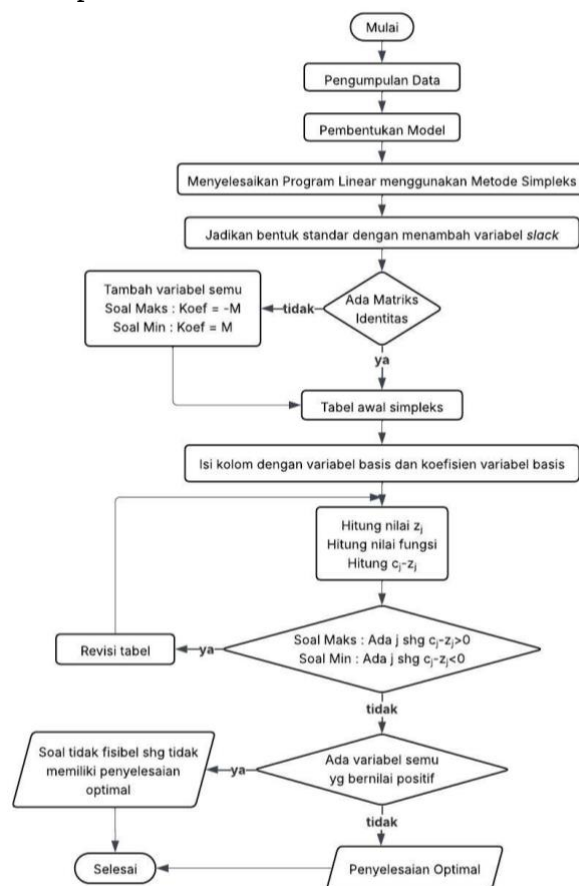
5. Mengubah tanda pertidaksamaan fungsi kendala ke bentuk standar

6. Membuat tabel dan melakukan iterasi

7. Interpretasi hasil

8. Penarikan kesimpulan

Berdasarkan langkah-langkah penelitian yang telah dijelaskan sebelumnya, alur penelitian dapat dirancang dan ditampilkan sebagaimana terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Hasil dan Pembahasan

1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari data pemupukan kelapa sawit TBM 1 yaitu

- Dosis pupuk yang digunakan TBM 1 di PT HUTAHAEAN Perkebunan Dalu-dalu pada tahun pertama penanaman
- Jenis pupuk yang digunakan TBM 1 di PT HUTAHAEAN Perkebunan Dalu-dalu pada tahun pertama penanaman
- Harga pupuk yang digunakan TBM 1 pada tahun 2024
- Jumlah pokok kelapa sawit TBM 1 adalah sebanyak 29.849 pokok dengan areal seluas 209,92 Ha

Berikut tabel data jenis dan dosis pupuk TBM yang digunakan pada tahun pertama penanaman, serta harga dan kandungan unsur hara pupuk.

Tabel 1. Rekomendasi Jenis, Dosis, dan Harga Pupuk Tahun Pertama TBM 1 PT HUTAHAEAN Dalu-dalu

	Jenis Pupuk			
	NPK	Hi Kay Plus	Urea	Kieserite
Dosis Pupuk Per Pokok (Kg)	0,625	0,75	0,35	0,40
Harga Pupuk/Karung (Rp)	279.300	570.000	166.350	310.350

Sumber: Data rekomendasi berdasarkan PT HUTAHAEAN Dalu-Dalu

Tabel 2. Data Kandungan Unsur Hara Pupuk PT HUTAHAEAN Dalu-Dalu

Jenis Pupuk	Kandungan Pupuk (Per 50 Kg)				
	Nitrogen	Fosfat	Kalium	Magnesium	Boron
NPK	15%	15%	6%	4%	0%
Hi Kay Plus	13%	6%	27%	4%	0,65%
Urea	46%	0%	0%	0%	0%
Kieserite	0%	0%	0%	27%	0%

Sumber: Komposisi unsur hara yang tertera pada kemasan pupuk

2. Kebutuhan Minimum Unsur Hara

Berdasarkan data yang diperoleh akan diketahui kebutuhan minimum unsur hara yang diperlukan kelapa sawit yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. Data Kebutuhan Minimum Pupuk

Jenis Pupuk	Kandungan Pupuk (Per 50 Kg)				
	Nitrogen	Fosfat	Kalium	Magnesium	Boron
NPK	15%	15%	6%	4%	0%
Hi Kay Plus	13%	6%	27%	4%	0,65%
Urea	46%	0%	0%	0%	0%
Kieserite	0%	0%	0%	27%	0%
Kebutuhan Minimum	22.402%	8.283%	14.327%	8.925%	291%

3. Menentukan variabel keputusan

Setiap jenis pupuk akan dijadikan sebagai variabel keputusan sehingga,

- x_1 : jumlah pupuk NPK yang akan diminta (per karung 50 Kg)
 x_2 : jumlah pupuk Hi Kay Plus yang akan diminta (per karung 50 Kg)
 x_3 : jumlah pupuk Urea yang akan diminta (per karung 50 Kg)
 x_4 : jumlah pupuk Kieserite yang akan diminta (per karung 50 Kg)

4. Membentuk model *Linear Programming*

- Merumuskan fungsi tujuan dari masalah program linier

Fungsi tujuannya adalah meminimumkan total biaya pemupukan seluruh areal TBM 1 untuk satu kali aplikasi sedemikian sehingga diperoleh sebagai berikut:

$$Z_{min} = 279.300x_1 + 570.000x_2 + 166.350x_3 + 310.350x_4$$

b. Menentukan fungsi kendala

Fungsi kendala dibentuk berdasarkan kebutuhan minimum unsur hara yang harus dipenuhi oleh tanaman kelapa sawit TBM 1, sehingga fungsi kendalanya sebagai berikut:

- a) Nitrogen : $15x_1 + 13x_2 + 46x_3 \geq 22.402$
- b) Fosfat : $15x_1 + 6x_2 \geq 8.283$
- c) Kalium : $6x_1 + 27x_2 \geq 14.327$
- d) Magnesium : $4x_1 + 4x_2 + 27x_4 \geq 8.925$
- e) Boron : $0,65x_2 \geq 291$ $x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$

5. Mengubah tanda pertidaksamaan fungsi kendala ke bentuk standar

Mengubah pertidaksamaan menjadi persamaan dengan menambahkan variabel *surplus* dan *artificial* sehingga bentuk standarnya adalah

$$\text{Minimumkan } Z = 279.300x_1 + 570.000x_2 + 166.350x_3 + 310.350x_4 - 0S_1 - 0S_2 - 0S_3 - 0S_4 - 0S_5 + MA_1 + MA_2 + MA_3 + MA_4 + MA_5$$

Dengan kendala:

$$\begin{aligned} 15x_1 + 13x_2 + 46x_3 - S_1 + A_1 &= 22.402 \\ 15x_1 + 6x_2 - S_2 + A_2 &= 8.283 \\ 6x_1 + 27x_2 - S_3 + A_3 &= 14.327 \\ 4x_1 + 4x_2 + 27x_4 - S_4 + A_4 &= 8.925 \\ 0,65x_2 - S_5 + A_5 &= 291 \end{aligned}$$

6. Membuat tabel dan melakukan iterasi

Merumuskan fungsi tujuan dan kendala ke dalam tabel simpleks

- a. Langkah 1, Pilih kolom pivot, baris pivot, dan angka pivot. Kolom pivot yang dipilih adalah kolom dengan nilai negatif terbesar pada koefisien fungsi tujuan, lihat Tabel 4. Baris pivot adalah baris dengan indeks positif terkecil, dimana elemen kolom diperoleh dengan membagi elemen RHS dengan elemen pada kolom pivot. Angka pivot adalah elemen yang menjadi perpotongan kolom dan baris pivot, lihat Tabel 5.

Tabel 4. Iterasi 0 Jumlah Permintaan Pupuk ke Logistik Perusahaan

	C_j	279.300	570.000	166.350	310.350	0	0	0	0	0	M	M	M	M	M		
Iter 0	VB	x_1	x_2	x_3	x_4	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	RHS	Indeks
M	A_1	15	13	46	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	22.402	1.723,23077
M	A_2	15	6	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	8.283	1.380,5
M	A_3	6	27	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	14.327	530,62963
M	A_4	4	4	0	27	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	8.925	2.231,25
M	A_5	0	0,65	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	291	447,69231
	z_j	40M	50,65M	46M	27M	-M	-M	-M	-M	-M	M	M	M	M	M	54.228M	
	$C_j - z_j$	279.300 - 40M	570.000 - 50,65M	166.350 - 46M	310.350- 27M	M	M	M	M	M	0	0	0	0	0		

Tabel 5. Kolom, Baris, Angka Pivot, Variabel Masuk dan Keluar Iterasi 0

	C_j	279.300	570.000	166.350	310.350	0	0	0	0	0	M	M	M	M	M		
Iter O	VB	x_1	x_2	x_3	x_4	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	RHS	Indeks
M	A_1	15	13	46	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	22.402	1.723,23077
M	A_2	15	6	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	8.283	1.380,5
M	A_3	6	27	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	14.327	530,62963
M	A_4	4	4	0	27	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	8.925	2.231,25
M	A_5	0	0,65	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	291	447,69231
	z_j	40M	50,65M	46M	27M	-M	-M	-M	-M	-M	M	M	M	M	M	54.228M	
	$C_j - z_j$	279.300 - 40M	570.000 - 50,65M	166.350 - 46M	310.350- 27M	M	M	M	M	M	0	0	0	0	0		

Keterangan:

- Baris Pivot
- Kolom Pivot
- Angka Pivot
- Variabel Masuk
- Variabel Keluar

- b. Langkah 2, mengganti variabel keluar dengan variabel masuk.
- c. Langkah 3, mengubah nilai elemen baris pivot dengan cara membagikan nilai yang ada pada baris pivot dengan angka pivot.

Tabel 6. Baris Pivot yang Telah Dibagi Angka Pivot Iterasi 0

	c_j	279.300	570.000	166.350	310.350	0	0	0	0	0	M	M	M	M	M	
Iter o	VB	x_1	x_2	x_3	x_4	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	RHS
M	A_1	15	13	46	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	22.402
M	A_2	15	6	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	8.283
M	A_3	6	27	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	14.327
M	A_4	4	4	0	27	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	8.925
M	A_5	0	0.65 0.65	0	0	0	0	0	0	-1 0.65	0	0	0	0	1 0.65	291 0.65
	z_j	40M	50,65M	46M	27M	-	-	-	-	-M	M	M	M	M	M	54.228M
	$c_j - z_j$	279.300 - 40M	570.000 - 50.65M	166.350 - 46M	310.350 - 27M	M	M	M	M	M	0	0	0	0	0	

Maka variabel x_2 menjadi variabel basis dengan elemen baris x_2 adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Baris Baru x_2

0	1	0	0	0	0	0	0	-1,5385	0	0	0	0	1,5385	447,69231
---	---	---	---	---	---	---	---	---------	---	---	---	---	--------	-----------

- d. Langkah 4, mengubah semua nilai elemen baris selain baris pivot dimana baris selain baris pivot, lihat Tabel 8, Tabel 9, Tabel 10.

Dengan demikian, Tabel 10 iterasi pertama dibentuk dari perubahan yang sudah dilakukan.

Iterasi 1 belum optimal, karena masih terdapat nilai negatif pada baris $c_j - z_j$, sehingga perhitungan nilai optimal belum selesai. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan iterasi lagi agar tidak ada nilai negatif lagi pada baris tersebut. Proses ini akan diulangi dari langkah 1 yaitu menentukan kolom pivot, baris pivot dan angka pivot. Iterasi berhenti, ketika baris $c_j - z_j$ tidak lagi mengandung nilai negatif.

Tabel 8. Mengurangi baris c_j dengan baris z_j

279.300	570.000	166.350	310.350	0	0	0	0	0	0	M	M	M	M	M
40M	570.000	46M	27M	-M	-M	-M	-M	76,92312M - 876.945	M	M	M	M	M	876.945 - 76,92312M
279.300 - 40M	0	166.350 - 46M	310.350 - 27M	M	M	M	M	876.945 - 76,92312M	0	0	0	0	0	77,92312M - 876.945

Tabel 9. Baris Baru

279.300 - 40M	0	166.350 - 46M	310.350 - 27M	M	M	M	M	876.945 - 76,92312M	0	0	0	0	0	77,92312M - 876.945
---------------	---	---------------	---------------	---	---	---	---	---------------------	---	---	---	---	---	---------------------

Tabel 10. Tabel Iterasi 1 Permintaan Pupuk Ke Logistik

c_j		279.300	570.000	166.350	310.350	0	0	0	0	0	M	M	M	M	M	
Iter 1	VB	x_1	x_2	x_3	x_4	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	RHS
M	A_1	15	0	46	0	-1	0	0	0	20	1	0	0	0	-20	16.582
M	A_2	15	0	0	0	0	-1	0	0	9,23077	0	1	0	0	-9,23077	5.596,84615
M	A_3	6	0	0	0	0	0	-1	0	41,5385	0	0	1	0	-41,5385	2.239,30769
M	A_4	4	0	0	27	0	0	0	-1	6,15385	0	0	0	1	-6,15385	7.134,23077
570.000	x_2	0	1	0	0	0	0	0	0	-1,5385	0	0	0	0	1,5385	447,69231
	z_j	40M	570.000	46M	27M	-M	-M	-M	-M	76,92312M - 876.945	M	M	M	M	876.945 - 76,92312M	31.552,38461M + 255,184.616,7
	$c_j - z_j$	279.300 - 40M	0	166.350 - 46M	310.350 - 27M	M	M	M	M	876.945 - 76,92312M	0	0	0	0	77,92312M - 876.945	

Nilai, dan hasil optimal akan diperoleh pada iterasi ke-5 berikut pada Tabel 11.

Tabel 11. Solusi Optimal dalam Metode Simpleks

c_j		279.300	570.000	166.350	310.350	0	0	0	0	0	M	M	M	M	M	
Iter 5	VB	x_1	x_2	x_3	x_4	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	RHS
166.350	x_3	0	0	1	0	-0,02174	0,01926	0,00619	0	0	0,02174	-0,01926	-0,00619	0	0	238,80608
279.300	x_1	1	0	0	0	0	-0,07317	0,01626	0	0	0	0,07317	-0,01626	0	0	373,11376
0	S_5	0	0	0	0	0	0,01057	-0,02642	0	1	0	-0,01057	0,02642	0	-1	0,01666
310.350	x_4	0	0	0	1	0	0,00843	0,00362	-0,03704	0	0	-0,00843	-0,00362	0,03704	0	208,94986
570.000	x_2	0	1	0	0	0	0,01626	-0,04065	0	0	0	-0,01626	0,04065	0	0	447,71829
	z_j	279.300	570.300	166.350	310.350	-3.616,449	-5.348,0295	-16.475,9085	-11.495,364	0	3.616,449	5.348,0295	16.475,9085	11.495,364	0	463.983,078,927
	$c_j - z_j$	0	0	0	0	3.616,449	5.348,0295	16.475,9085	11.495,364	0	M - 3.616,449	M - 5.348,0295	M - 16.475,9085	M - 11.495,364	M	

7. Interpretasi Hasil

Berdasarkan Tabel 11 di atas semua elemen dalam baris $c_j - z_j$ tidak terdapat nilai negatif sehingga iterasi dihentikan, artinya fungsi tersebut telah mencapai kondisi optimal. Hasil perhitungan di atas, diperoleh nilai optimal yaitu $x_1 = 373,11376$, $x_2 = 447,71829$, $x_3 = 238,80608$, $x_4 = 208,94986$, dan nilai $S_5 = 0,01666$ persen dengan total biaya sebesar Rp. 463.983.078,927 untuk 29.849 pokok tanaman kelapa sawit TBM 1. Variabel S_5

menunjukkan unsur hara Boron dalam pemupukan. Kombinasi pupuk yang terbentuk pada solusi optimal memberikan Boron sedikit lebih banyak dari batas minimum yang disyaratkan. Dikarenakan permintaan pupuk secara curah, maka akan dihitung jumlah permintaan pupuk ke logistik dalam kg. Berikut ini adalah interpretasi variabel solusi optimal jumlah permintaan pupuk TBM 1 menggunakan metode simpleks dalam satuan karung dan kg.

Tabel 12. Jumlah Permintaan Pupuk Per Karung dan Kg Ke Logistik TBM 1

Variabel	Jenis Pupuk	Karung (50 Kg)	Kg
x_1	NPK	373,11376	18.655,688
x_2	Hi-Kay Plus	447,71829	22.385,9145
x_3	Urea	238,80608	11.940,304
x_4	Kieserite	208,94986	10.447,493

Tabel 13. Perbandingan Perhitungan Manual dan Menggunakan Metode Simpleks

Jenis Pupuk	Jumlah Pupuk (Kg) Manual	Menggunakan Metode Simpleks (Kg)
NPK	18.655,625	18.655,688
Hi-Kay Plus	22.386,75	22.385,9145
Urea	10.447,15	11.940,304
Kieserite	11.939,6	10.447,493
Total Biaya	Rp. 468.286.036,5	Rp. 463.983.078,927

Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh beserta analisis dan pembahasan dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa biaya optimal kebutuhan pupuk TBM 1 pada tahun pertama tanam sebesar Rp.463.983.078,927 jika jumlah pupuk NPK yang akan diminta ke logistik perusahaan adalah sebanyak 18.655,688 kg, pupuk Hi-Kay Plus sebanyak 22.385,9145 kg, pupuk Urea sebanyak 11.940,304 kg, dan jumlah pupuk Kieserite sebanyak 10.447,493 kg. Dengan menerapkan metode simpleks dalam menentukan biaya optimal pemupukan akan menghemat biaya sebesar Rp.4.302.957,573.

Ucapan Terima Kasih

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kasih dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan lancar.
2. Orang tua penulis serta keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan dan doa untuk keberhasilan penulis.
3. Sherli Yurinanda, S.Pd., M.Si., selaku Dosen Pembimbing penulis untuk menyelesaikan artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] "KAJIAN SISTEM PANEN TERHADAP POTENSI CPO CRUDE PAL".
- [2] E. Safitri, S. Basriati, M. Soleh, and N. Aufa, "Optimasi Biaya Pemupukan Tanaman Kelapa Sawit Menggunakan Metode Branch And Cut," 2024.
- [3] I. Dharmawan, *Manajemen Pemupukan Kelapa Sawit*. Guepedia, 2021.
- [4] N. Sinaga, F. Dwinata Gultom, and F. Akbar Lubis, "ANALISIS BIAYA PEMUPUKAN TANAMAN BELUM MENGHASILKAN KELAPA SAWIT (*Elaeis Guineensis* Jacq) DI KEBUN IBUNDA PT PUTRI HIJAU," *J. Ris. Akunt. dan Bisnis*, vol. 24, pp. 2623–2650, 2024, doi: 10.30596/20829.
- [5] E. R. Tambunan, Ahmad Junaedi, and H. Agusta, "Manajemen Pemupukan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Labuhanbatu, Sumatera Utara," *Bul. Agrohorti*, vol. 12, no. 1, pp. 80–88, Jan. 2024, doi: 10.29244/agrob.v12i1.51535.
- [6] I. Pahan, *Panduan Lengkap Kelapa Sawit Manajemen Agribisnis Dari Hulu Hingga Hilir*. Jakarta (ID): Penebar Swadaya, 2012.
- [7] Y. E. Andrian, A. Yuniarti, and R. Devnita, "Pengaruh Aplikasi N, P dan K serta Pupuk Hayati terhadap P-Tersedia, Serapan P, dan Hasil Jagung Manis," 2021.
- [8] Palahudin Palahudin, Agil Maulana Achyar, Aurel Oktaviani Putri, Muhammad Ghifari Fauzan, Nazwa Riani Ahmad, and Zahra Yunisa Olivia, "Optimalisasi Keuntungan Produksi Biji Coffee Menggunakan Programan Linear Metode Simpleks," *Lokawati J. Penelit. Manaj. dan Inov. Ris.*, vol. 3, no. 2, pp. 22–36, Jan. 2025, doi: 10.61132/lokawati.v3i2.1580.
- [9] E. – Safitri, S. Basriati, and E. Andiani, "PENERAPAN PROGRAM LINIER MENGGUNAKAN METODE DUAL SIMPLEKS DAN METODE QUICK SIMPLEKS UNTUK MEMINIMUMKAN BIAYA (STUDI KASUS: KELOMPOK WANITA TANI (KWT) SENTOSA SANTUL)," *J. Fundam. Math. Appl.*, vol. 4, no. 1, pp. 117–132, Jul. 2021, doi: 10.14710/jfma.v4i1.8879.
- [10] "087-W-4313-ZIDAN-KOHESI-PEMODELAN+DAN+PENYELESAIAN".
- [11] Y. H. Bertham, B. G. M., and K. Utami, "PENINGKATAN PENGETAHUAN MASYARAKAT DALAM PEMBERIAN

- PUPUK ORGANIK DAN ANORGANIK UNTUK PRODUKTIVITAS TANAMAN,” *JMM (Jurnal Masy. Mandiri)*, vol. 6, no. 4, p. 2961, Aug. 2022, doi: 10.31764/jmm.v6i4.9322.
- [12] M. Huda *et al.*, “REVIEW JURNAL: MANAJEMEN PEMUPUKAN KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq) MENGGUNAKAN METODE SEMI MECHANICAL MANURING (SMM) DAN METODE FORWARD CHAINING.”
- [13] O. Y. Rahmat Akbar and S. Tinggi Ilmu Ekonomi Persada Bunda Email, “DENGAN PENERAPAN MODEL LINEAR PROGRAMMING,” vol. 2, no. 8, 2022.
- [14] M. Diky Setiawan and P. Gultom, “PENERAPAN INTEGER LINEAR PROGRAMMING DENGAN MENGGUNAKAN METODE BRANCH AND BOUND UNTUK MENGOPTIMALKAN JUMLAH PRODUKSI ROTI ISI PADA FRANCE BAKERY BINJAI,” 2022.
- [15] J. Saddam, D. Suroso, and P. Nugroho, “Bauran Promosi Pada Dealer Yamaha Tretan Motor Dengan Pendekatan Mixed Methods,” *J. Kaji. Ilmu Manaj.*, vol. 3, no. 2, pp. 179–188, 2023, [Online]. Available: <https://journal.trunojoyo.ac.id/jkim>
- [16] U. Rastryana *et al.*, “IMPLEMENTASI METODE SIMPLEKS UNTUK MEMPEROLEH LABA MAKSIMUM PADA TOKO KUE CANTIKA,” vol. 7, no. 2, p. 2023.
- [17] M. Arief Nur Wahyudien, A. Ahistasari, T. Tajuddin, and M. Maulana Rachmadhani, “Optimasi Produksi Gula Merah Menggunakan Metode Simpleks Production Optimization of Palm Using Simplex Method.” [Online]. Available: <https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/iej/index>
- [18] I. Rusanti, “Penerapan Metode Branch And Bound Untuk Optimalisasi Biaya Pemupukan Kelapa Sawit,” *J. Ris. Mat.*, pp. 101–110, 2023, doi: 10.29313/jrm.v3i2.2786.