

Optimalisasi Persediaan Komoditas Cabai untuk Memaksimalkan Keuntungan Menggunakan Linear Programming dan Analisis Sensitivitas di Pasar X

Derry Dardanella¹, Nurul Hidayati², Suhendi Irawan³

^{1,3} Program Studi Manajemen Industri, Sekolah Vokasi, IPB University
Jl. Kumbang No.14 Kota Bogor, Jawa Barat 16151

Email: derrydardanella@apps.ipb.ac.id, suhendiirawan1@apps.ipb.ac.id

²Departemen Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, IPB University
Jl. Agatis Kampus IPB Dramaga, Babakan, Dramaga, Kabupaten Bogor, Jawa Barat 16680
Email: nurulhidayati91@apps.ipb.ac.id

ABSTRAK

Fluktuasi harga dan permintaan cabai serta keterbatasan kapasitas penyimpanan menjadi permasalahan utama yang dihadapi pedagang sayuran di Pasar X Kabupaten Bogor. Kondisi tersebut sering menyebabkan terjadinya kekurangan persediaan (*stockout*) pada beberapa jenis cabai dan kelebihan persediaan (*overstock*) pada jenis cabai lainnya, yang berdampak pada penurunan keuntungan pedagang. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jumlah persediaan cabai yang optimal agar pedagang memperoleh keuntungan maksimal, dengan tetap mempertimbangkan keterbatasan sumber daya yang dimiliki. Metode yang digunakan adalah *Linear Programming* dengan pendekatan metode simpleks. Variabel keputusan terdiri dari enam jenis cabai, yaitu cabai merah besar (x_1), cabai merah keriting (x_2), cabai rawit merah (x_3), cabai hijau besar (x_4), cabai hijau keriting (x_5), dan cabai rawit hijau (x_6). Pengolahan data dilakukan menggunakan software QM for Windows 5.2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi persediaan optimal adalah $x_1 = 5$ kg, $x_2 = 27$ kg, $x_3 = 10$ kg, $x_4 = 3$ kg, $x_5 = 3$ kg, dan $x_6 = 2$ kg, dengan keuntungan maksimum sebesar Rp 435.000/hari. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa kapasitas tempat penyimpanan merupakan kendala utama yang bersifat mengikat, sedangkan beberapa kendala pembelian masih memiliki fleksibilitas. Penelitian ini memberikan implikasi bahwa penerapan *Linear Programming* dapat membantu pedagang dalam mengelola persediaan cabai secara lebih efisien dan berkelanjutan.

Kata kunci: persediaan cabai, linear programming, metode simpleks, optimasi keuntungan, analisis sensitivitas

ABSTRACT

Price volatility, fluctuating demand, and limited storage capacity are major challenges faced by vegetable traders at Market X in Bogor Regency. These conditions often lead to stockouts for certain types of chili and excess inventory for others, resulting in reduced trader profits. This study aims to determine the optimal chili inventory level to maximize profit while accounting for existing resource constraints. The research employs a Linear Programming approach using the simplex method. The decision variables consist of six types of chili: large red chili (x_1), curly red chili (x_2), red bird's eye chili (x_3), large green chili (x_4), curly green chili (x_5), and green bird's eye chili (x_6). Data were processed using QM for Windows version 5.2. The results indicate that the optimal inventory combination is $x_1 = 5$ kg, $x_2 = 27$ kg, $x_3 = 10$ kg, $x_4 = 3$ kg, $x_5 = 3$ kg, and $x_6 = 2$ kg, yielding a maximum daily profit of IDR 435,000. Sensitivity analysis reveals that storage capacity is the primary binding constraint, while several purchasing constraints remain flexible. This study demonstrates that Linear Programming is an effective decision-support tool for optimizing chili inventory management and improving traders' profitability.

Keywords: chili inventory, linear programming, simplex method, profit optimization, sensitivity analysis

Pendahuluan

Pasar X merupakan salah satu pasar stimulus yang terletak di kawasan kabupaten Bogor. Pasar X masih dalam tahap peramaian dan menjaga keberadaan (eksisting) pedagang yang ada agar tidak terjadi kekurangan atau sepiunya pedagang. Keberadaan jumlah pedagang yang masih sedikit dibandingkan dengan jumlah kios/los yang terdapat di pasar X berpengaruh terhadap keramaian pasar. Hal ini secara tidak langsung berpengaruh juga terhadap pendapatan pedagang.

Los sayuran menjadi daya tarik pembeli dalam berbelanja di pasar X, setidaknya terdapat 3 pedagang sayuran yang menjajakan dagangannya untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Komoditas cabai merupakan salah satu produk hortikultura dengan tingkat fluktuasi permintaan dan harga yang relatif tinggi, sehingga memerlukan pengelolaan persediaan yang tepat. Permasalahan utama yang dihadapi pedagang di Pasar X bukan hanya terkait perubahan harga, tetapi juga ketidaktepatan jumlah persediaan yang menyebabkan risiko kelebihan stok (*overstock*) maupun kekurangan stok (*stockout*). Kondisi tersebut berdampak pada peningkatan biaya penyimpanan, penurunan kualitas produk, serta berkurangnya potensi keuntungan pedagang. Fluktuasi harga cabai terjadi karena produksi cabai bersifat musiman, dipengaruhi juga oleh biaya produksi dan panjangnya saluran distribusi. Secara makro, fluktuasi harga cabai juga dipengaruhi oleh dinamika konsumsi masyarakat yang tercermin dalam kontribusinya terhadap inflasi, di mana perubahan permintaan rumah tangga berperan signifikan dalam menentukan pergerakan harga komoditas cabai [1]. Sedangkan menurut [2] sebagai komoditas pangan strategis dengan tingkat konsumsi yang tinggi, fluktuasi harga cabai dipengaruhi oleh perubahan permintaan masyarakat serta dinamika distribusi antar wilayah.

Terdapat 6 jenis cabai yang dijual di pasar X, yaitu cabai merah besar, cabai merah keriting, cabai rawit merah, cabai hijau besar, cabai hijau keriting dan cabai rawit hijau. Permasalahan yang ditemui pedagang dalam menjual cabai adalah beberapa jenis cabai seperti cabai rawit merah dan cabai merah keriting tidak dapat dipenuhi ketersediaannya setiap hari, sehingga permintaan tidak dapat dipenuhi (*stockout*). Beberapa jenis cabai lainnya seperti cabai merah besar dan cabai hijau besar cepat terjadi penurunan kualitas dikarenakan persediaan yang dimiliki lebih banyak dibandingkan permintaannya, sehingga pedagang membuang cabai karena tidak layak jual. Jenis cabai lainnya seperti cabai rawit hijau meski memiliki umur simpan relatif panjang dibanding cabai lainnya, namun sering terjadi kelebihan persediaan dan bersisa di akhir hari penjualan.

Selain itu, keterbatasan kapasitas penyimpanan dan variasi permintaan pada setiap jenis cabai menyebabkan pedagang kesulitan menentukan jumlah pembelian yang optimal. Selama ini keputusan persediaan masih dilakukan berdasarkan pengalaman dan perkiraan, sehingga belum mampu menghasilkan pengelolaan persediaan yang efisien. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan kuantitatif yang mampu menentukan kombinasi jumlah persediaan optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya dan kapasitas penyimpanan. Keterbatasan kapasitas penyimpanan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi keputusan jumlah persediaan optimal dalam sistem rantai pasok [3]. Temuan ini memperkuat penelitian ini, di mana kendala kapasitas tempat penyimpanan bersifat mengikat dan menjadi pembatas utama dalam penentuan total persediaan cabai.

Berdasarkan kondisi ini diperlukan suatu alat analisis yang dapat memberi informasi kepada pedagang mengenai jumlah optimal cabai yang harus dipenuhi persediaannya agar mendapatkan keuntungan yang maksimum. Salah satu alat analisis dalam menentukan angka optimal adalah dengan linear programming metode simpleks. Menurut [4] Penerapan *Linear Programming* dalam pengendalian persediaan mampu meningkatkan efisiensi operasional dan memaksimalkan keuntungan melalui alokasi sumber daya yang optimal. Linear programming merupakan metode optimasi yang banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti teknik, manajemen, dan ekonomi untuk menentukan alternatif keputusan terbaik di bawah berbagai kendala [5]. Selain itu hasil penelitian [6] menunjukkan bahwa penerapan metode *Linear Programming* mampu menentukan jumlah persediaan bahan baku yang optimal dengan tetap memenuhi seluruh kendala operasional, sehingga dapat meminimalkan pemborosan dan meningkatkan efisiensi pengelolaan persediaan. Selain itu, menurut [7] Linear programming merupakan pendekatan kuantitatif yang banyak digunakan dalam pengambilan keputusan untuk meningkatkan efektivitas dan kinerja sistem organisasi. Temuan ini sejalan dengan penelitian ini, di mana jumlah persediaan cabai yang direkomendasikan oleh model diharapkan dapat memenuhi batasan kapasitas penyimpanan dan kebutuhan minimum masing-masing jenis cabai. Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi kepada pedagang pasar X dalam mengoptimalkan persediaan cabai pedagang sehingga tidak terjadi *stockout* atau pun *overstock* sehingga menghasilkan keuntungan yang maksimal. [8] menemukan bahwa optimasi persediaan komoditas pangan dengan *Linear Programming* mampu menjaga keseimbangan antara ketersediaan stok dan keterbatasan sumber daya. Hal ini relevan dengan tujuan penelitian, di mana jumlah persediaan cabai yang ditetapkan diharapkan dapat disesuaikan dengan kapasitas penyimpanan dan kebutuhan minimum pasar.

Penelitian ini memberikan kontribusi akademik dan praktis dalam pengembangan model pengendalian persediaan komoditas hortikultura, khususnya cabai, melalui penerapan *Linear Programming* dan analisis sensitivitas. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya berfokus pada optimasi jumlah persediaan, penelitian ini mengintegrasikan analisis sensitivitas untuk mengevaluasi kestabilan solusi optimal terhadap perubahan kapasitas penyimpanan dan jumlah pembelian setiap jenis cabai. Selain itu, penelitian ini dilakukan pada konteks operasional pedagang pasar tradisional, sehingga hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar pengambilan keputusan persediaan yang lebih adaptif, efisien, dan aplikatif dalam menghadapi fluktuasi permintaan serta keterbatasan kapasitas penyimpanan.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif-verifikatif untuk menentukan kombinasi jenis cabai yang harus dijual untuk memperoleh keuntungan yang maksimal. Menurut [9], Pendekatan kuantitatif dipilih karena mampu menjelaskan hubungan antara input produksi, kendala sumber daya, dan tingkat keuntungan dengan menggunakan formulasi matematis yang objektif. Hal ini dilakukan dengan melakukan identifikasi masalah berdasarkan wawancara kepada pedagang sayuran khususnya cabai mengenai pola penjualan cabai yang dilakukan pedagang di Pasar X Kabupaten Bogor pada bulan Agustus 2025. Pengambilan data dilakukan secara *purposive sampling* dengan memilih secara acak pedagang sayur yang menjual cabai di pasar X. Data yang diperlukan dalam penelitian ini diantaranya keuntungan yang didapat pedagang dari masing-masing jenis cabai per kilogram, jumlah pembelian (kapasitas) cabai pedagang perhari, jumlah cabai yang terbuang karena penurunan kualitas, dan jumlah sisa cabai yang tidak habis terjual perhari. Model *Linear Programming* digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan untuk menentukan kombinasi optimal dalam sistem persediaan dengan mempertimbangkan kendala kapasitas dan sumber daya operasional [10].

Metode pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan menggunakan pendekatan linear programming. Terdapat tiga elemen penting dalam membuat formulasi dalam linear programming yaitu variabel keputusan yang akan diambil, fungsi tujuan yang diinginkan dan batasan-batasan yang dimiliki oleh pedagang. Pada pengolahan data ini digunakan metode simpleks pada linear programming dengan alat analisis menggunakan software QM for Windows versi 5.2. Penggunaan perangkat lunak seperti QM for Windows dapat meningkatkan kecepatan perhitungan serta ketepatan hasil dalam proses optimasi, sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih efisien [11]. Hasil pengolahan data lalu dilakukan dengan menginterpretasikan data yang telah diolah menjadi jumlah persediaan optimal yang harus dilakukan pedagang cabai agar mendapatkan keuntungan yang maksimal. Secara umum, model matematis pada Linear Programming dituliskan sebagai berikut :

$$Z_{maks} = \sum(C_i X_i)$$

$$\text{Dengan kendala: } \sum(a_{ij} X_i) \leq b_j,$$

$$X_i \geq 0$$

Di mana Z adalah laba total, C_i adalah laba per unit produk, X_i adalah jumlah unit produk ke- i , a_{ij} menunjukkan jumlah bahan baku j yang digunakan untuk memproduksi produk ke- i , dan b_j adalah kapasitas maksimum sumber daya j . Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengevaluasi tingkat kestabilan solusi optimal yang dihasilkan oleh model *Linear Programming* terhadap perubahan parameter model. Parameter yang dianalisis meliputi koefisien fungsi tujuan dan nilai ruas kanan (*right-hand side/RHS*) pada kendala. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana perubahan parameter masih dapat ditoleransi tanpa mengubah struktur solusi optimal yang telah diperoleh, sehingga dapat meningkatkan keandalan model dalam pengambilan Keputusan [11] [12].

Analisis sensitivitas dalam penelitian ini digunakan untuk mengevaluasi kestabilan solusi optimal yang diperoleh dari model *Linear Programming* terhadap perubahan parameter model. Parameter yang dianalisis meliputi koefisien fungsi tujuan dan nilai ruas kanan (*right-hand side/RHS*) pada setiap kendala. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana perubahan parameter masih dapat ditoleransi tanpa mengubah struktur solusi optimal, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai tingkat keandalan model dalam mendukung pengambilan keputusan [12][13].

Pengolahan analisis sensitivitas dilakukan menggunakan software QM for Windows 5.2, yang menghasilkan informasi berupa nilai *reduced cost*, *dual value (shadow price)*, *slack/surplus*, serta rentang perubahan parameter yang ditunjukkan melalui nilai *lower bound* dan *upper bound*. Nilai-nilai tersebut digunakan untuk mengidentifikasi variabel dan kendala yang berpengaruh signifikan terhadap fungsi tujuan, serta untuk mengetahui batas toleransi perubahan parameter yang masih mempertahankan kondisi optimal [14].

Hasil analisis sensitivitas selanjutnya digunakan untuk menentukan kendala yang bersifat mengikat (*binding*) dan tidak mengikat (*non-binding*), serta mengevaluasi fleksibilitas kebijakan persediaan terhadap perubahan kondisi operasional. Dengan demikian, analisis ini memberikan dasar pertimbangan dalam merumuskan strategi pengelolaan persediaan yang lebih adaptif dan efisien, khususnya dalam menghadapi ketidakpastian permintaan dan keterbatasan sumber daya [15].

Hasil analisis sensitivitas kemudian digunakan untuk mengidentifikasi kendala yang bersifat mengikat (*binding*) dan tidak mengikat (*non-binding*), serta menentukan fleksibilitas kebijakan persediaan terhadap perubahan kondisi operasional. Dengan demikian, analisis ini memberikan informasi tambahan dalam pengambilan keputusan, khususnya dalam menentukan strategi pengelolaan persediaan yang lebih adaptif dan robust terhadap ketidakpastian.

Hasil Dan Pembahasan

Berdasarkan hasil wawancara dengan pedagang sayur di pasar X, terdapat beberapa data yang dijadikan pertimbangan dalam formulasi linear programming yang digunakan. Data ini berdasarkan pengalaman dan kebiasaan pedagang dalam memenuhi persediaan cabai sebelum ataupun setelah selesai berjualan. Terdapat tiga variabel yang dijadikan acuan. Variabel pembelian merupakan jumlah cabai yang biasa di penuhi dalam satu kali siklus penjualan yang di beli dari pasar induk untuk

memenuhi persediaan dengan kapasitas maksimal pembelian adalah sebanyak 35 kilogram untuk semua jenis cabai. Variabel sisa merupakan jumlah cabai yang biasanya tersisa dan merupakan jumlah maksimal yang diharapkan jika tidak terjual, sedangkan variabel buang merupakan banyaknya jumlah cabai yang biasanya terbuang karena mengalami penurunan kualitas. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Formulasi Linear Programming komoditas Cabai di Pasar X

	Pembelian Minimum (kg)	Untung (Rp/kg)
Cabai Merah Besar (x_1)	5	5000
Cabai Merah Keriting (x_2)	8	10000
Cabai Rawit Merah (x_3)	10	10000
Cabai Hijau Besar (x_4)	3	5000
Cabai Hijau Keriting (x_5)	3	5000
Cabai Rawit Hijau (x_6)	2	7500
Kapasitas Penyimpanan	50	

Variabel Keputusan

Dalam penelitian ini, variable Keputusan yang berkaitan dengan penentuan jumlah persediaan cabai yang harus di siapkan Adalah sebagai berikut :

- x_1 = Ketersediaan Cabai merah besar yang harus disediakan
- x_2 = Ketersediaan Cabai merah keriting yang harus disediakan
- x_3 = Ketersediaan Cabai rawit merah yang harus disediakan
- x_4 = Ketersediaan Cabai hijau besar yang harus disediakan
- x_5 = Ketersediaan Cabai hijau keriting yang harus disediakan
- x_6 = Ketersediaan Cabai rawit hijau yang harus disediakan

Fungsi Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah mencari formula optimal mengenai jumlah cabai yang harus disediakan atau dijual agar memperoleh keuntungan maksimal. Nilai fungsi tujuan ini di dapatkan dari jumlah keuntungan yang di ambil dari masing-masing jenis cabai yang dijual per kilogramnya. Berikut ini merupakan fungsi tujuan penelitian ini

$$Z_{maks} = 5000x_1 + 10000x_2 + 10000x_3 + 5000x_4 + 5000x_5 + 5000x_6$$

$$Z_{maks} = x_1 + 2x_2 + 2x_3 + x_4 + x_5 + x_6 (x5000)$$

Fungsi Kendala

Fungsi kendala merupakan fungsi batasan kapasitas sumber daya yang tersedia dari masing-masing jenis produk atau elemen produk. Dalam penelitian ini, fungsi kendala terdiri dari batasan kapasitas jumlah cabai yang dapat disimpan dengan jumlah cabai yang biasanya dibeli, sisa cabai yang biasanya tidak terjual sehingga menghasikan sisa cabai yang tidak terjual, dan cabai yang biasanya terbuang karena kelebihan persediaan dan mengalami penurunan kualitas. Berdasarkan parameter ini, Fungsi kendala yang terbentuk Adalah sebagai berikut

Kapasitas Penyimpanan $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 \leq 50$

Minimum Pembelian $x_1 \geq 5$

$x_2 \geq 8$

$x_3 \geq 10$

$x_4 \geq 3$

$x_5 \geq 3$

$x_6 \geq 2$

Non-Negativity $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 \geq 0$

Solusi Metode Simpleks

[16] menekankan bahwa pengelolaan persediaan multi-produk memerlukan pendekatan optimasi untuk menentukan kombinasi jumlah yang paling efisien. Hal ini mendukung pendekatan penelitian ini dalam menentukan kombinasi jumlah persediaan cabai ($x_1 - x_6$) yang optimal secara simultan. Pengolahan data dengan metode simpleks dilakukan dengan software QM for Windows 5.2. Solusi awal dari pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 2 Solusi Awal Optimalisasi

Fungsi Tujuan / Kendala	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Tanda	RHS
Maksimasi	1	2	2	1	1	1	-	-
Tempat Penyimpanan	1	1	1	1	1	1	≤	50

Pembelian Cabai Merah Besar	1	0	0	0	0	0	\geq	5
Pembelian Cabai Merah Keriting	0	1	0	0	0	0	\geq	8
Pembelian Cabai Rawit Merah	0	0	1	0	0	0	\geq	10
Pembelian Cabai Hijau Besar	0	0	0	1	0	0	\geq	3
Pembelian Cabai Hijau Keriting	0	0	0	0	1	0	\geq	3
Pembelian Cabai Rawit Hijau	0	0	0	0	0	1	\geq	2
Solusi Optimal	5	27	10	3	3	2		87

Berdasarkan Tabel 2, pedagang sebaiknya melakukan persediaan untuk masing-masing jenis cabai sebesar 5kg cabai merah besar (x_1), 27kg cabai merah keriting (x_2), 10 cabai rawit merah (x_3), 3kg cabai hijau besar (x_4), 3kg cabai hijau keriting (x_5) dan cabai rawit hijau (x_6) sebanyak 2kg untuk memperoleh keuntungan maksimal sebesar (87 x 5000) Rp. 435.000,-. Penelitian [17] menegaskan bahwa tidak semua variabel keputusan memiliki tingkat kontribusi yang sama terhadap nilai fungsi tujuan, sehingga diperlukan kombinasi produksi atau persediaan yang proporsional. Kondisi ini konsisten dengan hasil penelitian ini, di mana persediaan cabai merah keriting (x_2) memiliki kontribusi dominan dibandingkan jenis cabai lainnya dalam mencapai nilai fungsi tujuan maksimum.

Analisis Sensitivitas

Studi [18] menjelaskan bahwa Analisis sensitivitas memberikan informasi mengenai stabilitas solusi optimal serta dampak perubahan parameter terhadap hasil optimasi dalam model pemrograman linear. Hal ini mendukung penggunaan analisis sensitivitas dalam penelitian ini untuk memastikan bahwa solusi persediaan cabai yang dihasilkan bersifat robust dan adaptif terhadap perubahan kondisi operasional. Analisis sensitivitas untuk variabel keputusan dilakukan dengan bantuan software QM for Windows 5.2 dan diperoleh output yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Analisis Sensitivitas pada Fungsi Tujuan

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
Cabai Merah Besar (x_1)	5	0	1	$-\infty$	2
Cabai Merah Keriting (x_2)	27	0	2	2	∞
Cabai Rawit Merah (x_3)	10	0	2	$-\infty$	2
Cabai Hijau Besar (x_4)	3	0	1	$-\infty$	2
Cabai Hijau Keriting (x_5)	3	0	1	$-\infty$	2
Cabai Rawit Hijau (x_6)	2	0	1	$-\infty$	2

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan model optimasi, diperoleh jumlah persediaan optimal untuk masing-masing jenis cabai yang direpresentasikan oleh variabel keputusan x_1-x_6 . Seluruh variabel memiliki nilai *reduced cost* sebesar nol, yang menunjukkan bahwa keenam variabel tersebut merupakan bagian dari solusi optimal dan berkontribusi langsung terhadap pencapaian nilai fungsi tujuan. [19] menyatakan bahwa analisis sensitivitas dalam model *Linear Programming* berperan penting untuk mengevaluasi kestabilan solusi optimal terhadap perubahan parameter. Hal ini mendukung hasil penelitian ini, yang menunjukkan bahwa solusi jumlah persediaan cabai tetap optimal dalam rentang perubahan tertentu tanpa mengubah struktur solusi dasar.

Jumlah persediaan optimal yang direkomendasikan oleh model adalah sebesar $x_1 = 5$ kg, $x_2 = 27$ kg, $x_3 = 10$ kg, $x_4 = 3$ kg, $x_5 = 3$ kg, dan $x_6 = 2$ kg. Perbedaan nilai antar variabel menunjukkan bahwa kebutuhan persediaan cabai merah keriting (x_2) memiliki proporsi terbesar dibandingkan jenis cabai lainnya, sehingga menjadi komoditas dominan dalam sistem persediaan. Sementara itu, cabai hijau dan cabai rawit memiliki jumlah persediaan yang relatif lebih kecil, yang mengindikasikan bahwa penambahan persediaan pada komoditas tersebut telah dibatasi untuk menjaga efisiensi sistem.

Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa sebagian besar variabel memiliki batas perubahan koefisien fungsi tujuan yang masih dapat ditoleransi tanpa mengubah solusi optimal. Variabel x_2 memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan variabel lainnya, dengan batas bawah sebesar 2 dan batas atas yang tidak terbatas (*infinity*). Hal ini menunjukkan bahwa variabel x_2 memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam sistem persediaan. Peningkatan jumlah persediaan pada variabel ini masih memungkinkan selama tidak melanggar kendala lain yang berlaku, sehingga variabel x_2 dapat dipertimbangkan sebagai komponen persediaan yang relatif adaptif terhadap perubahan kondisi operasional. Sedangkan variabel lainnya memiliki batas atas yang relatif sempit. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan jumlah persediaan pada sebagian besar jenis cabai perlu dilakukan secara selektif agar tidak mengganggu kondisi optimal yang telah dicapai.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa jumlah persediaan cabai yang direkomendasikan oleh model telah berada pada tingkat optimal dan stabil terhadap perubahan parameter dalam rentang tertentu. Implikasi manajerial dari temuan ini adalah perlunya mempertahankan jumlah persediaan sesuai hasil optimasi, dengan fokus pengendalian pada komoditas dominan (x_2), serta melakukan evaluasi apabila terjadi perubahan signifikan pada kondisi operasional atau permintaan pasar.

Tabel 4 Hasil Analisis Sensitivitas pada Kendala

Variable	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
----------	------------	---------------	--------------	-------------	-------------

Tempat Penyimpanan	2	0	50	31	∞
Pembelian Cabai Merah Besar	-1	0	5	0	24
Pembelian Cabai Merah Keriting	0	19	8	$-\infty$	27
Pembelian Cabai Rawit Merah	0	10	10	0	29
Pembelian Cabai Hijau Besar	-1	0	3	0	22
Pembelian Cabai Hijau Keriting	-1	0	3	0	22
Pembelian Cabai Rawit Hijau	-1	0	2	0	21

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas pada kendala dengan menggunakan bantuan software QM for Windows 5.2 yang ditunjukkan pada Tabel 4, bahwa kendala kapasitas tempat penyimpanan merupakan kendala utama dalam sistem persediaan. Kendala ini bersifat mengikat ($slack = 0$) dengan nilai $dual$ sebesar 2, yang mengindikasikan bahwa penambahan kapasitas tempat penyimpanan akan meningkatkan nilai fungsi tujuan. Oleh karena itu, kapasitas penyimpanan menjadi faktor kunci yang membatasi penentuan jumlah persediaan cabai secara keseluruhan. [20] menyimpulkan bahwa nilai $dual$ dan $slack$ pada kendala memberikan informasi strategis dalam pengambilan keputusan manajerial.

Kendala pembelian cabai merah besar (x_1), cabai hijau besar (x_4), cabai hijau keriting (x_5), dan cabai rawit hijau (x_6) memiliki nilai $dual$ negatif sebesar -1 dengan $slack$ nol. Kondisi ini menunjukkan bahwa batas pembelian pada komoditas-komoditas tersebut telah berada pada tingkat optimal dan bersifat mengikat. Peningkatan batas pembelian pada kendala ini berpotensi menurunkan kinerja sistem persediaan, sehingga jumlah pembelian yang direkomendasikan sebaiknya tetap dipertahankan. Sebaliknya, kendala pembelian cabai merah keriting (x_2) memiliki nilai $slack$ sebesar 19 dan nilai $dual$ sebesar nol, yang menunjukkan bahwa kendala ini tidak mengikat. Hal ini mengindikasikan bahwa pembelian cabai merah keriting masih memiliki ruang peningkatan tanpa mempengaruhi nilai fungsi tujuan selama batas maksimum belum tercapai. Kendala pembelian cabai rawit merah (x_3) memiliki $slack$ nol dengan nilai $dual$ nol, yang menunjukkan bahwa kendala tersebut berada pada titik optimal, perubahan kecil pada batasnya tidak berdampak signifikan terhadap kinerja sistem.

Nilai $lower bound$ dan $upper bound$ pada analisis sensitivitas kendala menunjukkan rentang perubahan nilai ruas kanan (RHS) yang masih dapat ditoleransi tanpa mengubah struktur solusi optimal. Dengan kata lain, selama perubahan nilai RHS berada dalam rentang tersebut, kombinasi jumlah persediaan yang dihasilkan oleh model tetap optimal. Menurut [14] pendekatan sensitivitas dalam Linear Programming menggunakan batas bawah dan batas atas untuk mengevaluasi perubahan nilai optimal akibat variasi parameter, sehingga dapat menggambarkan kondisi terbaik dan terburuk dalam sistem Keputusan. Kendala kapasitas tempat penyimpanan memiliki nilai $lower bound$ sebesar 31 dan $upper bound$ tidak terbatas ($infinity$). Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas penyimpanan dapat diturunkan hingga 31 unit atau ditingkatkan tanpa batas tertentu tanpa mengubah basis solusi. Namun demikian, karena kendala ini bersifat mengikat, perubahan dalam rentang tersebut tetap akan memengaruhi nilai fungsi tujuan sesuai dengan nilai $dual$ -nya. Pada kendala pembelian cabai merah besar, nilai $lower bound$ sebesar 0 dan $upper bound$ sebesar 24 menunjukkan bahwa batas minimum pembelian dapat dinaikkan atau diturunkan dalam rentang tersebut tanpa mengubah solusi optimal. Di luar rentang ini, struktur solusi berpotensi berubah. Pola yang sama juga terjadi pada kendala pembelian cabai hijau besar, cabai hijau keriting, dan cabai rawit hijau, yang masing-masing memiliki $upper bound$ terbatas, sehingga menunjukkan adanya batas toleransi yang relatif ketat terhadap perubahan kebijakan pembelian.

Pada kendala pembelian cabai merah besar (x_1) diperoleh nilai $lower bound$ sebesar 0 dan $upper bound$ sebesar 24. Hasil ini menunjukkan bahwa jumlah pembelian cabai merah besar masih dapat berubah dalam rentang tersebut tanpa memengaruhi solusi optimal model. Sementara itu, kendala pembelian cabai merah keriting (x_2) memiliki $lower bound$ negatif tak hingga dan $upper bound$ sebesar 27. Kondisi ini mengindikasikan bahwa penurunan batas pembelian tidak memengaruhi solusi optimal, namun peningkatan batas pembelian hanya dapat dilakukan hingga 27 unit. Hal ini sejalan dengan kondisi kendala yang tidak mengikat, di mana masih terdapat ruang fleksibilitas dalam kebijakan pembelian tanpa memengaruhi kinerja sistem. Sementara itu, kendala pembelian cabai rawit merah (x_3) memiliki $lower bound$ sebesar 0 dan $upper bound$ sebesar 29, yang menunjukkan bahwa perubahan batas pembelian dalam rentang tersebut masih dapat diterima oleh sistem. Hal ini mengindikasikan bahwa kebijakan pembelian cabai rawit merah relatif fleksibel selama tidak melampaui batas toleransi yang ditetapkan oleh model.

Kendala pembelian cabai hijau besar (x_4) dan cabai hijau keriting (x_5) masing-masing memiliki nilai $lower bound$ sebesar 0 dan $upper bound$ sebesar 22. Kondisi ini menunjukkan bahwa perubahan jumlah pembelian kedua jenis cabai tersebut masih dapat ditoleransi hingga batas maksimum 22 tanpa memengaruhi solusi optimal pada model persediaan. Pada kendala pembelian cabai rawit hijau (x_6) diperoleh nilai $lower bound$ sebesar 0 dan $upper bound$ sebesar 21. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan jumlah pembelian cabai rawit hijau masih dapat dilakukan hingga batas maksimum 21 dan solusi optimal tetap dapat dipertahankan. Interpretasi hasil sensitivitas secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 5 Interpretasi Hasil Analisis Sensitivitas

Kendala	Slack/ Surplus	Lower Bound	Upper Bound	Interpretasi
Tempat Penyimpanan	0	31	∞	Kendala kapasitas penyimpanan bersifat <i>binding</i> , kapasitas penyimpanan masih dapat diturunkan hingga 31 kg tanpa mengubah solusi optimal, sedangkan nilai upper bound

Pembelian Cabai Merah Besar (x_1)	0	0	24	yang tidak terbatas menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas masih dapat dilakukan tanpa mengubah basis solusi optimal. Kendala minimum pembelian cabai merah besar masih dapat ditingkatkan hingga 24 kg tanpa mengubah solusi optimal.
Pembelian Cabai Merah Keriting (x_2)	19	$-\infty$	27	Kendala ini bersifat <i>non-binding</i> karena masih memiliki slack sebesar 19 yang menandakan bahwa masih terdapat sisa kapasitas sebesar 19 kg yang belum digunakan dalam solusi optimal.
Pembelian Cabai Rawit Merah (x_3)	0	0	29	Kendala pembelian cabai rawit merah berada tepat pada batas optimal dan masih toleran hingga 29 kg
Pembelian Cabai Hijau Besar (x_4)	0	0	22	Kendala pembelian cabai hijau besar masih dapat berubah hingga 22 kg tanpa mengubah solusi optimal.
Pembelian Cabai Hijau Keriting (x_5)	0	0	22	perubahan jumlah pembelian masih dapat dilakukan hingga 22 kg tanpa mengubah struktur solusi optimal yang telah diperoleh.
Pembelian Cabai Rawit Hijau (x_6)	0	0	21	Kendala pembelian cabai rawit hijau masih stabil selama perubahan berada dalam rentang sensitivitas.

Nilai *lower bound* dan *upper bound* memberikan informasi penting terkait fleksibilitas kebijakan persediaan dan pembelian cabai. Kendala dengan rentang yang sempit memerlukan pengendalian yang lebih ketat, sedangkan kendala dengan rentang yang lebih lebar memberikan ruang adaptasi terhadap perubahan kondisi operasional. Temuan ini memperkuat bahwa pengelolaan persediaan cabai yang optimal tidak hanya ditentukan oleh nilai solusi, tetapi juga oleh stabilitas solusi terhadap perubahan parameter kendala.

Hal ini menunjukkan bahwa kebijakan persediaan masih fleksibel dalam rentang tersebut tanpa mengubah keputusan optimal, sehingga pelaku usaha dapat menyesuaikan pembelian terhadap fluktuasi harga dan ketersediaan. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa pengelolaan persediaan cabai yang optimal lebih dipengaruhi oleh keterbatasan kapasitas penyimpanan dan batas pembelian pada komoditas tertentu. Implikasi manajerial dari temuan ini adalah perlunya mempertahankan batas pembelian sesuai rekomendasi model serta mempertimbangkan peningkatan kapasitas penyimpanan sebagai strategi untuk meningkatkan fleksibilitas sistem persediaan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Linear Programming* mampu menentukan kombinasi persediaan cabai yang optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan kapasitas penyimpanan dan batas minimum pembelian setiap jenis cabai. Hasil ini sejalan dengan penelitian [10] yang menyatakan bahwa penerapan *Linear Programming* pada sistem persediaan dan pergudangan dapat meningkatkan efisiensi pengambilan keputusan melalui penentuan alokasi produk yang optimal berdasarkan keterbatasan sumber daya. Selain itu, penelitian [12] juga menunjukkan bahwa model *Linear Programming* efektif digunakan dalam pengambilan keputusan karena mampu menghasilkan solusi optimal melalui pendekatan matematis yang terukur.

Analisis sensitivitas yang dilakukan pada penelitian ini menunjukkan bahwa solusi optimal masih dapat dipertahankan dalam rentang perubahan parameter tertentu, khususnya kapasitas penyimpanan dan jumlah pembelian cabai. Temuan ini didukung oleh [20] yang menyatakan bahwa analisis sensitivitas berfungsi untuk mengevaluasi kestabilan solusi optimal terhadap perubahan parameter model. Dengan demikian, penerapan *Linear Programming* dan analisis sensitivitas dalam penelitian ini tidak hanya mampu menghasilkan keputusan persediaan yang optimal, tetapi juga memberikan fleksibilitas dalam menghadapi perubahan kondisi operasional pasar.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam pengembangan penelitian selanjutnya. Model *Linear Programming* yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan asumsi linearitas, sehingga hubungan antara variabel keputusan, biaya, dan keuntungan diasumsikan bersifat linier. Pada kondisi nyata, perubahan harga cabai dan biaya operasional dapat bersifat dinamis dan tidak selalu mengikuti pola linier.

Selain itu, penelitian ini belum mempertimbangkan fluktuasi harga cabai harian yang cenderung berubah cepat akibat faktor cuaca, distribusi, dan kondisi pasar. Ketidakpastian permintaan pasar juga belum dimasukkan ke dalam model, sehingga jumlah persediaan optimal yang diperoleh masih didasarkan pada kondisi permintaan yang dianggap stabil. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan model optimasi

yang mempertimbangkan unsur ketidakpastian, seperti *stochastic programming* atau *fuzzy linear programming*, agar hasil yang diperoleh lebih adaptif terhadap kondisi pasar yang dinamis.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa metode *Linear Programming* dengan pendekatan simpleks mampu menentukan kombinasi jumlah persediaan cabai yang optimal bagi pedagang di Pasar X Kabupaten Bogor. Kombinasi persediaan yang direkomendasikan terdiri dari cabai merah besar (x_1) sebesar 5 kg, cabai merah keriting (x_2) sebesar 27 kg, cabai rawit merah (x_3) sebesar 10 kg, cabai hijau besar (x_4) sebesar 3 kg, cabai hijau keriting (x_5) sebesar 3 kg, dan cabai rawit hijau (x_6) sebesar 2 kg, yang menghasilkan keuntungan maksimum sebesar Rp 435.000 per hari.

Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa solusi optimal model persediaan cabai masih dapat dipertahankan selama perubahan parameter berada dalam rentang *lower bound* dan *upper bound* yang diperoleh. Kendala kapasitas tempat penyimpanan termasuk kendala *binding* dengan nilai *dual value* sebesar 2, yang menunjukkan bahwa penambahan kapasitas penyimpanan masih berpotensi meningkatkan nilai fungsi tujuan. Sementara itu, kendala pembelian cabai merah keriting tergolong *non-binding* karena memiliki nilai *slack* sebesar 19, sehingga perubahan pada kendala tersebut tidak memberikan pengaruh langsung terhadap solusi optimal. Selain itu, seluruh variabel keputusan ($x_1 - x_6$) memiliki nilai *reduced cost* sebesar 0 yang menunjukkan bahwa seluruh variabel telah berada pada kondisi optimal dalam model *Linear Programming*. Secara keseluruhan, hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa model persediaan cabai yang dihasilkan memiliki tingkat fleksibilitas dan kestabilan yang cukup baik terhadap perubahan parameter, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan persediaan yang lebih efisien dan adaptif dalam kondisi operasional pasar yang dinamis.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *Linear Programming* dapat menjadi alat bantu pengambilan keputusan yang efektif dalam pengelolaan persediaan cabai. Hasil penelitian diharapkan dapat membantu pedagang meminimalkan risiko *stockout* dan *overstock*, serta meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan usaha perdagangan sayuran.

Daftar Pustaka

- [1] A. Dwi Lestari, E. Erlikasna, R. C. Simbolon, I. Breta, M. Daniyal, and R. S. Karo Karo, "Dampak Fluktuasi Harga Beras, Bawang Merah, Cabai Terhadap Inflasi Impact of Price Fluctuations of Rice, Shallots, Chilies on Inflation," *J. Sos. Ekon. Pertan.*, vol. 20, no. 2, pp. 219–226, 2024, [Online]. Available: <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jsep>
- [2] I. R. A. S. Putri, Harianto, and N. Rosiana, "Disparitas Harga Cabai Rawit (*Capsicum Frutescens* L.) Antar Waktu Dan Antar Wilayah Di Indonesia," *J. Agribisnis Indones.*, vol. 13, no. 2, pp. 333–349, 2025.
- [3] J. J. Vicente, "Optimizing Supply Chain Inventory: A Mixed Integer Linear Programming Approach," *Systems*, vol. 13, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.3390/systems13010033.
- [4] U. M. Aliyu, D. O. Oyewola, J. J. Taura, and S. Lukunti, "Mathematical Modelling and Optimization of Inventory Control Through Linear Programming: A Case Study of Haske Modern Bakery in Bauchi State," *Mikailalsys J. Math. Stat.*, vol. 4, no. 1, pp. 125–145, Nov. 2025, doi: 10.58578/mjms.v4i1.7793.
- [5] X. Zhang, "Analysis of practical applications using the linear programming model," *Theor. Nat. Sci.*, vol. 25, no. 1, pp. 239–247, 2023, doi: 10.54254/2753-8818/25/20240979.
- [6] M. A. Sucipto, S. Syamsuddin, S. Miru, and S. Hadi, "Optimization of Raw Material Inventory Control Using Linear Programming Method at CV Sidomulyo in Palu City," *Wiga J. Penelit. Ilmu Ekon.*, vol. 15, no. 2, pp. 141–152, 2025, doi: 10.30741/wiga.v15i2.1486.
- [7] R. Ryńca and Y. Ziaecian, "Applying linear programming in evaluating employees in higher education: A case study," *PLoS One*, vol. 20, no. 1, pp. 1–19, 2025, doi: 10.1371/journal.pone.0310183.
- [8] S. M. Daud, H. S. Panigoro, A. Aarsal, and D. Wungguli, "Optimasi Persediaan Beras menggunakan Integer Linear Programming untuk Mengatasi Ketidakpastian Pasokan Studi Kasus Bulog Gorontalo," *J. Sains Mat. dan Stat.*, vol. 11, no. 2, p. 155, 2025, doi: 10.24014/jsms.v11i2.36254.
- [9] E. L. Basori, R. Kurniawan, and R. Hammar, "Penerapan Metode Linear Programming Untuk Optimalisasi Produksi Roti Dalam Memaksimalkan Laba Pada Usaha Mommy Roti Manokwari," *Al-Zayn J. Ilmu Sos. Huk.*, pp. 9873–9882, 2025.
- [10] S. Manoharan, D. Stilling, and G. Kabir, "Implementation of Linear Programming and Decision-Making Model for the Improvement of Warehouse Utilization," 2022.
- [11] Cahaya, P. Sari, C. A. Pratiwi, S. Azzahra, S. Hsb, and Batu, "Implementasi Program Linear Untuk Optimalisasi Produksi UMKM Menggunakan Aplikasi QM For Windows," *J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, no. 2, pp. 177–186, 2025.
- [12] S. Ahmed, J. Sultana, T. Yeasmin Nilu, and S. Islam, "Sensitivity Analysis of Linear Programming in Decision Making Model," *Int. J. Theor. Appl. Math.*, vol. 7, no. 3, pp. 53–56, 2021, doi:

- 10.11648/j.ijtam.20210703.12.
- [13] I. T. Abbas and M. N. Ghayyib, "Using Sensitivity Analysis in Linear Programming with Practical Physical Applications," *Iraqi J. Sci.*, vol. 65, no. 2, pp. 907–922, 2024, doi: 10.24996/ijs.2024.65.2.27.
- [14] M. Hladík, "Linear programming sensitivity measured by the optimal value worst-case analysis," *Optim. Methods Softw.*, vol. 39, no. 5, pp. 1168–1184, 2024, doi: 10.1080/10556788.2024.2329590.
- [15] J. J. Vicente, "Optimizing Supply Chain Inventory : A Mixed Integer Linear Programming Approach," pp. 1–15, 2025.
- [16] C. E. Lopez-Landeros, R. Valenzuela-Gonzalez, and E. Olivares-Benitez, "Dynamic Optimization of a Supply Chain Operation Model with Multiple Products," *Mathematics*, vol. 12, no. 15, pp. 32–36, 2024, doi: 10.3390/math12152420.
- [17] R. Badi'ah, A. Syauqi, R. R. Winanda, and R. Effendi, "Production Optimization and Product Sensitivity Analysis of 'Bawang Goreng Crispy Yuk Riris' by Linear Programming," *J. AKUNTANSI, Ekon. dan Manaj. BISNIS*, vol. 10, no. 1, pp. 61–71, 2022, doi: 10.30871/jaemb.v10i1.4050.
- [18] M. Farhan, L. A. Utami, and P. K. Rambe, "Studi Literatur: Metode Analisis Sensitivitas pada Pemrograman Linear dan Aplikasinya dalam Optimisasi Produksi," 2025.
- [19] S. N. Hamidah, H. Aprilia, and F. Abdullah, "Optimasi Perencanaan Produksi Menggunakan Linear Programming dan Analisis Sensitivitas Pada UMKM Coffee Suganda Majalengka," *IMTechno J. Ind. Manag. Technol.*, vol. 7, no. 1, 2026.
- [20] Y. Wakiden, D. Wungguli, N. Achmad, and N. Abas, "Analisis Sensitivitas Model Linear Programming dalam Optimalisasi Penjualan Produk di Toko Anggrek Plastik," *Euler J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol.*, vol. 12, no. 1, pp. 82–89, 2024, doi: 10.37905/euler.v12i1.21625.