

PENERAPAN *SUPPLY CHAIN MANAGEMENT* DI BIDANG MANAJEMEN DISTRIBUSI MENGGUNAKAN OPTIMASI *LINEAR PROGRAMMING PYTHON*: STUDI KASUS DAN ANALISIS PROBLEM DISTRIBUSI DAERAH PRODUKSI DAN KONSUMSI BERAS ANTAR KOTA DI JAWA TIMUR

MOHAMMAD NASRI AW

Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Indonesia Malang
Email: nasriaw@gmail.com

SUDARJO

Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Indonesia Malang
Email: sudarjokusumo@gmail.com

RADEN TIRTOSETIANTO

Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Indonesia Malang
Email: radenharriotirtosetiantosemm@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan distribusi beras antar kota di Jawa Timur dengan menggunakan metode Linear Programming (LP) berbasis Python dalam konteks Supply Chain Management (SCM). Model LP yang dikembangkan bertujuan untuk mengoptimalkannya pemenuhan kebutuhan beras tiap kota dari produksi kota di Jawa Timur dan meminimalkan biaya transportasi sambil memastikan bahwa permintaan di setiap kota dapat dipenuhi. Berdasarkan hasil simulasi, model optimasi ini jumlah konsumsi beras sejumlah 7.760.358,08 ton didistribusikan 5.355.845,00 ton atau surplus 2.404.513,08 ton dengan biaya total pengiriman Rp.240.099.337.188,4. Penggunaan Python dan pustaka Linear Programming seperti PuLP memungkinkan pemodelan yang efisien, cepat, dan fleksibel dalam menghadapi dinamika rantai pasokan beras. Penelitian ini menyarankan penerapan model ini pada distribusi pangan lainnya di Indonesia, serta pengembangan model untuk mempertimbangkan ketidakpastian dalam permintaan dan pasokan. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi distribusi pangan, mengoptimalkan biaya logistik, dan memastikan ketepatan waktu pengiriman.

Kata kunci: *Supply Chain Management, Linear Programming, Optimasi, Distribusi Beras, Python, Biaya Transportasi, Jawa Timur.*

PENDAHULUAN

Persoalan pangan merupakan hajat hidup masyarakat. Adalah penting dalam pengelolaan

pangan utamanya beras, yaitu memastikan kecukupan kebutuhan (konsumsi pangan) bagi seluruh kota di Jawa Timur. Kebutuhan ini

diperoleh utamanya dari kota sekitar Jawa Timur. Karakteristik wilayah distribusi dapat diwakili dengan jarak antar kota. Manajemen rantai pasokan atau *Supply Chain Management* (SCM) menjadi komponen penting dalam mengelola distribusi pangan, terutama dalam sektor distribusi produk kebutuhan pokok seperti beras. Sebagai salah satu provinsi penghasil beras utama di Indonesia, memiliki peran sentral dalam memastikan pasokan beras yang stabil ke berbagai daerah konsumsi. Namun, distribusi beras antar kota di Jawa Timur sering menghadapi berbagai kendala, seperti biaya transportasi yang tinggi, kapasitas gudang yang terbatas, serta variasi permintaan antar daerah yang tidak selalu sebanding dengan pasokan yang tersedia. Sedangkan sisi produksi Provinsi Jawa Timur dikenal sebagai lumbung padi dengan produksi beras yang surplus.

Ada beberapa perhitungan optimasi perhitungan berapa banyak yang dikirim dan berapa biaya minimumnya. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan penerapan optimasi dalam manajemen distribusi menggunakan teknik *Linear Programming* (LP). *Linear programming*, sebagai metode matematis yang digunakan untuk mengoptimalkan tujuan tertentu (seperti biaya atau waktu), memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi distribusi beras antar kota di Jawa Timur. Dalam konteks ini, LP dapat digunakan untuk menentukan rute distribusi terbaik yang meminimalkan biaya transportasi sambil memenuhi permintaan dan kapasitas distribusi yang ada.

Penerapan perhitungan dalam SCM juga semakin berkembang dengan bantuan perangkat lunak dan bahasa pemrograman, seperti Python, yang memiliki berbagai pustaka (*libraries*) untuk mengimplementasikan algoritma optimasi. Dengan menggunakan Python, implementasi LP menjadi lebih efisien dan mudah disesuaikan untuk mengatasi masalah distribusi beras secara spesifik di

tingkat regional. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan optimasi *linear programming* dengan Python dalam distribusi beras antar kota di Jawa Timur, dengan fokus pada analisis biaya dan efisiensi logistik.

RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana penerapan metode optimasi linear programming dapat meningkatkan efisiensi distribusi beras antar kota di Jawa Timur?
2. Bagaimana distribusi beras dari kota penghasil beras ke kota pengguna (konsumsi beras)?
3. Bagaimana hasil optimasi tersebut dapat diterapkan dalam kebijakan distribusi beras di tingkat daerah antar kota?

Penelitian ini dibatasi pada distribusi beras antar kota di Jawa Timur dengan menggunakan pendekatan optimasi linear programming. Beberapa batasan yang diterapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Fokus pada biaya transportasi dan kapasitas panen (padi) sebagai variabel utama dalam model optimasi.
2. Asumsi bahwa permintaan beras di masing-masing kota adalah tetap dan dapat diprediksi berdasarkan data historis.
3. Penggunaan data yang tersedia dari instansi pemerintah atau sumber data sekunder yang relevan untuk keperluan penelitian ini.

TINJAUAN PUSTAKA

- *Supply Chain Management* (SCM)

Supply Chain Management (SCM) adalah pendekatan manajerial yang mengintegrasikan semua aktivitas yang diperlukan untuk mengatur dan mengelola aliran barang dan informasi dari pemasok hingga konsumen akhir. SCM bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya, dan memastikan ketepatan waktu dalam pengiriman barang (Christopher, 2016). Dalam konteks distribusi beras, SCM berperan penting

dalam memastikan pasokan beras yang merata dan cukup untuk seluruh daerah konsumen, mengingat beras adalah komoditas utama yang sangat dibutuhkan masyarakat Indonesia.

Menurut Chien & Ding (2019), manajemen rantai pasokan yang efektif mencakup perencanaan, pengadaan, produksi, distribusi, dan pengelolaan hubungan dengan pihak ketiga. Kunci dari SCM yang efektif adalah koordinasi yang baik antar semua elemen dalam rantai pasokan, serta penggunaan teknologi untuk meningkatkan visibilitas dan pengambilan keputusan berbasis data. Optimasi dalam SCM bertujuan untuk meminimalkan biaya dan waktu pengiriman barang sambil memaksimalkan penggunaan sumber daya yang tersedia.

- *Linear Programming* dalam Optimasi SCM

Linear Programming (LP) adalah metode matematis yang digunakan untuk memecahkan masalah optimasi yang melibatkan beberapa variabel dengan batasan linier. Dalam konteks distribusi barang, LP dapat digunakan untuk merancang rencana distribusi yang optimal dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti biaya transportasi, kapasitas gudang, dan permintaan di berbagai titik distribusi (Garey & Johnson, 2020). LP membantu dalam mencari solusi yang optimal untuk masalah distribusi dengan cara meminimalkan atau memaksimalkan fungsi objektif, yang dalam hal ini bisa berupa biaya pengiriman atau waktu pengiriman.

Beberapa studi terkini telah menunjukkan penerapan LP dalam distribusi logistik dan SCM. Misalnya, Zhang et al. (2020) dalam penelitiannya menemukan bahwa penerapan LP dalam manajemen distribusi beras dapat mengurangi biaya transportasi secara signifikan tanpa mengurangi keandalan dan ketepatan waktu pengiriman. Teknik LP memungkinkan perusahaan untuk menentukan jumlah barang yang harus dikirim dari satu lokasi ke lokasi lain, serta kapan pengiriman tersebut harus dilakukan untuk memenuhi permintaan pasar secara optimal.

- Penggunaan Python dalam *Linear Programming*

Python menjadi salah satu bahasa pemrograman yang populer dalam penerapan teknik optimasi, termasuk Linear Programming, karena kemudahan penggunaannya dan ketersediaan berbagai pustaka yang mendukung analisis matematis (Pereira et al., 2021). Pustaka seperti PuLP dan SciPy memfasilitasi pengguna untuk membangun dan memecahkan model LP dengan mudah. Python memungkinkan penggunaannya untuk mengimplementasikan model optimasi secara efisien dan terintegrasi dengan data yang ada.

Sebagai contoh, penelitian oleh Li & Zhang (2019) menunjukkan bahwa penggunaan Python dalam optimasi distribusi barang berbasis LP memungkinkan para praktisi SCM untuk lebih cepat menghasilkan solusi yang optimal, serta mempercepat pengambilan keputusan. Python juga memudahkan integrasi dengan alat analisis data lainnya, seperti pandas dan PuLP dalam menganalisis optimasi masalah distribusi (transport problem dalam salah satu metode dalam operation research).

Studi Kasus dalam Distribusi Beras

Distribusi beras di Indonesia telah lama menjadi perhatian pemerintah dan praktisi SCM. Beberapa penelitian telah mengeksplorasi masalah distribusi beras antar kota di Indonesia. Misalnya, sebuah studi oleh Supriyadi et al. (2020) menunjukkan bahwa distribusi beras di Jawa Timur masih menghadapi berbagai kendala, seperti ketidakseimbangan antara kapasitas produksi dan konsumsi, serta biaya transportasi yang tinggi. Oleh karena itu, penerapan optimasi distribusi menggunakan teknik LP menjadi solusi potensial untuk meningkatkan efisiensi sistem distribusi.

Di sisi lain, penelitian oleh Jaya et al. (2021) menekankan pentingnya penggunaan teknologi dalam distribusi beras, terutama dalam mengurangi ketergantungan pada sistem distribusi tradisional

yang sering kali tidak efisien. Dengan mengintegrasikan teknologi, seperti optimasi berbasis LP menggunakan Python, distribusi beras dapat lebih efisien dan hemat biaya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan model optimasi tidak hanya mengurangi biaya transportasi, tetapi juga meningkatkan ketepatan waktu pengiriman beras ke berbagai daerah konsumsi.

Keadaan produksi beras dari sisi produksi (Supply) dan konsumsi (Demand Tahun 2018 sebagaimana di Tabel 1 dan visualnya di Gambar 1.

Tabel 1 Kota Dengan Produksi dan Kebutuhan Beras di Jawa Timur (sumber: BPS Provinsi Jawa Timur, diolah)

no	kota	produksi_ton	konsumsi_ton
1	Surabaya	9.259,36	314.241,00
2	Gresik	224.984,02	141.465,00
3	Sidoarjo	158.774,13	241.408,00
4	Mojokerto	409.363,12	255.452,00
5	Jombang	251.896,77	137.061,00
6	Bojonegoro	481.382,82	135.792,00
7	Lamongan	573.588,87	129.472,00
8	Tuban	360.945,04	127.223,00
9	Madiun	523.525,09	167.646,00
10	Ngawi	477.704,04	90.401,00
11	Magetan	185.166,52	68.489,00
12	Ponorogo	241.335,26	94.817,00
13	Pacitan	57.371,14	60.375,00
14	Kediri	287.785,18	372.641,00
15	Nganjuk	252.927,86	114.551,00
16	Tulungagung	138.741,09	112.742,00
17	Blitar	289.930,30	267.458,00
18	Trenggalek	77.131,59	75.674,00
19	Malang	376.073,16	658.817,00
20	Pasuruan	394.553,87	373.768,00
21	Probolinggo	229.587,20	278.714,00
22	Lumajang	198.778,34	113.233,00
23	Bondowoso	162.378,43	84.105,00
24	Situbondo	112.302,64	74.048,00
25	Jember	440.631,34	265.792,00
26	Banyuwangi	329.144,06	175.295,00
27	Bangkalan	155.902,39	106.604,00
28	Sampang	120.928,94	105.473,00
29	Pamekasan	73.040,60	94.907,00
30	Sumenep	165.224,91	118.181,00
	Jumlah	7.760.358,08	5.355.845,00



Gambar 2. Diagram batang Produksi dan Konsumsi Berat (Ton) Kota/Kabupaten di Provinsi Jawa Timur. (sumber: BPS Provinsi Jawa Timur, diolah)

Gambar 1 menunjukkan keadaan produksi dan konsumsi kota-kota di Jawa Timur, sampai tahun 2018 perhitungan BPS menunjukkan surplus beras 2.404.513,08 ton. Produksi beras berbeda tiap daerah sesuai ketersediaan lahan dan dukungan sarana produksinya. Konsumsi mengikuti jumlah penduduk yang mengkonsumsi makan dari beras.

Walaupun banyak penelitian telah membahas penerapan LP dalam SCM dan distribusi barang, studi yang menggabungkan penerapan LP dalam distribusi beras antar kota di Indonesia, khususnya di Jawa Timur, masih terbatas. Penelitian ini berupaya untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan menerapkan model LP berbasis Python untuk meningkatkan efisiensi distribusi beras antar kota di Jawa Timur, serta memberikan kontribusi pada pengembangan teori dan praktik SCM di sektor pangan (beras).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain penelitian kuantitatif dengan pendekatan studi kasus. Penelitian ini berfokus pada penerapan optimasi distribusi beras antar kota di Jawa Timur menggunakan teknik *Linear Programming* (LP) dengan bahasa Python. Metode ini dipilih karena LP dapat membantu menemukan solusi optimal

terkait dengan distribusi beras, seperti meminimalkan biaya transportasi dan mencukupi beras di tingkat konsumen, sambil memastikan pemenuhan permintaan yang tepat di masing-masing kota. Pendekatan kuantitatif memungkinkan analisis yang lebih objektif dan dapat diukur dari data yang ada.

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah model optimasi linear untuk distribusi beras antar kota. Model ini terdiri dari dua komponen utama: 1. Fungsi Objektif: Fungsi yang ingin dioptimalkan, yaitu meminimalkan total biaya transportasi dari wilayah produksi ke berbagai daerah konsumsi. 2. Batasan (Constraints): Berbagai pembatas yang harus dipenuhi, seperti kapasitas produksi, kapasitas gudang, dan permintaan di masing-masing kota.

Model LP dapat dituliskan dalam bentuk matematika sebagai berikut:

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} \cdot X_{ij} \quad (\text{rumus 1})$$

Di mana:

- Z adalah total biaya transportasi.
- C_{ij} adalah biaya transportasi dari kota i ke kota j .
- X_{ij} adalah jumlah beras yang dikirim dari kota i ke kota j .
- n adalah jumlah kota produksi.
- m adalah jumlah kota konsumsi.

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: 1. Permintaan beras (Demand) di setiap kota konsumsi bersifat tetap dan diketahui. 2. Kapasitas transportasi dan kapasitas panen padi (Supply) untuk menjadi beras, bersifat terbatas. 3. Biaya transportasi adalah linier dan bergantung pada jarak dan volume barang yang dikirim. Data jarak antar kota diambil dari data sumber BPS Provinsi Jawa Timur untuk Tahun 2018. 4. Biaya transportasi per ton/km hanya biaya operasional

kendaraan, belum memasukkan biaya tol dan pengeluaran lainnya. Standar truck pengangkut adalah untuk jalan kelas 1 MST 10 ton, sesuai UU 2/2022, PP 30/2021 dan Permen PUPR 05/2018. Sedangkan biaya angkutan beras per satuan ton per km sesuai perhitungan The Asia Foundation. 2008, yaitu Rp. 3.514 per ton/km. Harga sekarang akan disesuaikan dengan konversi harga dolar USD. 5. Tidak ada kerugian atau pemborosan dalam distribusi beras.

Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup:

1. Data Permintaan Beras: Data permintaan beras di masing-masing kota konsumsi di Jawa Timur. Data ini diperoleh dari laporan instansi terkait, seperti Badan Pusat Statistik (BPS). Data diambil dari sumber BPS Provinsi Jawa Timur untuk Tahun 2018.
2. Data Kapasitas Produksi dan Gudang: Data kapasitas produksi beras dan kapasitas gudang yang tersedia untuk penyimpanan. Informasi ini didapat dari produsen beras dan perusahaan distribusi yang ada di daerah tersebut. Data panen padi dari sumber BPS Provinsi Jawa Timur untuk Tahun 2018. Data panen padi di konversi menjadi beras.
3. Data Biaya Transportasi: Biaya transportasi dari data jarak kota wilayah produksi ke masing-masing kota konsumsi. Data ini mencakup biaya operasional kendaraan. Data jarak dari sumber BPS Provinsi Jawa Timur untuk Tahun 2018. Data konversi jarak ke biaya dari perkalian jarak (km) dan biaya angkutan per ton/km.

Implementasi model optimasi LP dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan pustaka PuLP atau SciPy, yang sering digunakan untuk memecahkan masalah LP. Langkah-langkahnya meliputi:

1. Persiapan Data: Data permintaan, kapasitas, dan biaya transportasi dimasukkan ke dalam

format yang dapat digunakan oleh Python, biasanya berupa matriks atau tabel. Lihat Tabel 1 dan Gambar 1.

2. Pembangunan Model LP: Dengan menggunakan pustaka PuLP, model LP dibangun dengan mendefinisikan fungsi objektif dan batasan. Fungsi objektif akan mengoptimalkan biaya transportasi, sementara batasan akan memastikan bahwa permintaan dipenuhi dan kapasitas gudang tidak terlampaui. Lihat rumus 1.
3. Pemecahan Masalah: Setelah model LP disusun, masalah optimasi diselesaikan menggunakan solver LP yang tersedia dalam pustaka tersebut. Solver ini akan mencari nilai X_{ij} (lihat rumus) yang meminimalkan total biaya transportasi. Pemecahan dengan pemrograman python dengan kode listing dilampirkan.
4. Evaluasi Hasil: Hasil optimasi akan dievaluasi untuk menentukan apakah solusi yang dihasilkan memenuhi tujuan penelitian, yaitu jumlah ton distribusi beras antar kota dan biaya total pengiriman beras dari dan ke seluruh kota di Provinsi Jawa Timur. Hasil akan dianalisis dengan membandingkan apakah jumlah beras yang dikirim ke kota-kota sesuai dengan jumlah yang diperlukan untuk konsumsi kota tersebut.

Validasi model dilakukan dengan membandingkan hasil optimasi dengan kondisi beras yang dikirim dan jumlah kebutuhan konsumsinya. Data historis mengenai biaya dan rute distribusi beras yang ada akan digunakan sebagai baseline. Perbedaan antara jumlah beras yang dikirim dan jumlah konsumsi yang dibutuhkan akan dianalisis untuk menilai efektivitas model LP.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan perhitungan menggunakan bahasa python dan library PuLP. Hasil optimasi akan disajikan dalam bentuk tabel dengan keterangan sesuai atau tidak antara beras dikirim dan konsumsi yang

dibutuhkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

- Hasil Optimasi Distribusi Beras

Penelitian ini berhasil menerapkan model Linear Programming (LP) untuk mengoptimalkan distribusi beras antar kota di Jawa Timur. Setelah implementasi model menggunakan Python dan pustaka PuLP, solusi optimal yang dihasilkan menunjukkan hasil yang sesuai antara jumlah pengiriman beras dan jumlah kebutuhan beras tiap kota.

Tabel 4.1 berikut ini menunjukkan hasil optimasi perhitungan jumlah beras (ton) yang di distribusi ke kota (Demand) dari sumber beras (Supply).

Origin, asal beras	Destination, tujuan	Flow_ton	Jumlah Dikirim ke Destination/ Tujuan, ton (Supply)	Kebutuhan Konsumsi di Tujuan, ton (Demand)	Hasil Kesesuaian
Surabaya	Surabaya	9.259,36		314.241,00	
Gresik	Surabaya	224.984,02			
Bangkalan	Surabaya	49.298,39			
Lamongan	Surabaya	30.699,23	314.241,00		Sesuai
Sidoarjo	Sidoarjo	158.774,13		241.408,00	
Lamongan	Sidoarjo	82.633,87	241.408,00		Sesuai
Mojokerto	Mojokerto	195.876,54		255.452,00	
Jombang	Mojokerto	59.575,46	255.452,00		Sesuai
Jombang	Jombang	137.061,00		137.061,00	Sesuai
Bojonegoro	Bojonegoro	135.792,00		135.792,00	Sesuai
Lamongan	Gresik	141.465,00		141.465,00	Sesuai
Lamongan	Lamongan	129.472,00		129.472,00	Sesuai
Tuban	Tuban	127.223,00		127.223,00	Sesuai
Madiun	Madiun	167.646,00		167.646,00	Sesuai
Ngawi	Ngawi	90.401,00		90.401,00	Sesuai
Magetan	Magetan	68.489,00		68.489,00	Sesuai
Ponorogo	Ponorogo	94.817,00		94.817,00	Sesuai
Ponorogo	Pacitan	3.003,86		60.375,00	
Pacitan	Pacitan	57.371,14	60.375,00		Sesuai
Kediri	Kediri	287.785,18		372.641,00	
Nganjuk	Kediri	84.855,82			
Nganjuk	Nganjuk	114.551,00		114.551,00	Sesuai
Tulungagung	Tulungagung	112.742,00		112.742,00	Sesuai
Tulungagung	Malang	25.999,09			
Mojokerto	Malang	213.486,58		658.817,00	
Malang	Malang	376.073,16			
Pasuruan	Malang	20.785,87			
Blitar	Malang	22.472,30	658.817,00		Sesuai
Blitar	Blitar	267.458,00		267.458,00	Sesuai
Trenggalek	Trenggalek	75.674,00		75.674,00	Sesuai
Pasuruan	Pasuruan	373.768,00		373.768,00	Sesuai
Probolinggo	Probolinggo	229.587,20		278.714,00	Sesuai
Lumajang	Probolinggo	49.126,80			
Lumajang	Lumajang	113.233,00		113.233,00	
Bondowoso	Bondowoso	84.105,00		84.105,00	
Situbondo	Situbondo	74.048,00		74.048,00	
Jember	Jember	265.792,00		265.792,00	
Banyuwangi	Banyuwangi	175.295,00		175.295,00	
Bangkalan	Bangkalan	106.604,00		106.604,00	
Sampang	Sampang	105.473,00		105.473,00	
Sampang	Pamekasan	15.455,94		94.907,00	
Pamekasan	Pamekasan	73.040,60			
Sumenep	Pamekasan	6.410,46			
Sumenep	Sumenep	118.181,00		118.181,00	
Jumlah	Jumlah	5.355.845,00		5.355.845,00	Sesuai/ Seimbang

Optimasi ini dilakukan dengan mempertimbangkan (batasan, constraint) produksi, jumlah batasan konsumsi dan rute transportasi (biaya pengiriman), yang didasarkan pada data jarak dan biaya transportasi yang telah dikumpulkan dari sumber terkait.

Sedangkan total biaya pengiriman beras dari dan ke kota di Provinsi Jawa Timur adalah Rp.168.295.118.193.8. (harga satuan tahun 2008) Dapat dilihat di output perhitungan program sebagai berikut

Status: Optimal

Total Cost: 16829511819.386002

Problem MODEL has 60 rows, 900 columns and 1800 elements Coin0008I MODEL read with 0 errors

Option for timeMode changed from cpu to elapsed

*Presolve 60 (0) rows, 900 (0) columns and 1800 (0) elements
0 Obj 0 Primal inf 5355845 (30)*

48 Obj 1.6829512e+11

Optimal - objective value 1.6829512e+11

*Optimal objective 1.682951182e+11 - 48 iterations time
0.002 Option for printingOptions changed from normal to all*

*Total time (CPU seconds): 0.01 (Wallclock seconds):
0.01*

Status: Optimal

Total Cost: 168295118193.86002

PEMBAHASAN

Untuk mengukur efektivitas model optimasi LP, kami membandingkan hasil perhitungan distribusi jumlah beras yang dikirim ke kota dan jumlah kebutuhan beras tiap kota, (lihat Tabel 3). Dalam perbandingan ini, hasil optimasi menunjukkan bahwa jumlah pengiriman telah sesuai dengan kebutuhan konsumsi yang diperlukan.

Jumlah beras yang dikirimkan dari seluruh kota ke seluruh kota di Provinsi Jawa Timur adalah 5.355.845,00 ton. Di banding produksi total sebesar 7.760.358,08 ton sehingga terdapat surplus sebesar 2.404.513,08 ton. Untuk perbandingan data nyata

dari data BPS Provinsi Jawa Timur 2019, produksi beras sebesar 6.053.467 ton atau surplus 697.622 ton. Terdapat selisih surplus cukup besar yang kemungkinan disebabkan kurang tepatnya konsumsi beras dan perhitungan produksi yang diperhitungkan.

Total biaya pengiriman beras dari dan ke kota di Provinsi Jawa Timur adalah Rp.16.829.511.819.38. Biaya ini berdasar biaya satuan truck dari The Asia Foundation. 2008 (kurs Dollar 2008 USD Rp. 11.311,3, sumber BPS), Perlu penyesuaian untuk tahun basis analisis yaitu tahun 2018 (kurs Dollar 2025 saat ini USD Rp. Rp16.197, sumber Bisnis). Sehingga dengan harga 2025, biaya angkut total angkutan beras di Provinsi Jawa Timur, sebesar Rp.240.099.337.188,4.

Hasil optimasi menunjukkan bahwa penerapan LP untuk distribusi beras di Jawa Timur dapat menghasilkan ketepatan antara beras yang dikirim dan beras yang dibutuhkan. Hal ini sejalan dengan temuan dari penelitian sebelumnya oleh Zhang et al. (2020), yang menyatakan bahwa penggunaan LP dalam distribusi logistik dapat mengurangi biaya transportasi dan meningkatkan ketepatan pengiriman. Selain itu, penerapan Python dalam pengembangan model LP mempercepat proses pemodelan dan solusi yang lebih efisien (Pereira et al., 2021).

Namun, meskipun hasilnya cukup menjanjikan, terdapat beberapa kendala yang perlu diperhatikan. Misalnya, data yang digunakan dalam penelitian ini bersifat statis dan tidak mempertimbangkan fluktuasi permintaan atau gangguan lain dalam rantai pasokan. Untuk penelitian selanjutnya, model ini dapat diperluas dengan mempertimbangkan ketidakpastian dalam permintaan dan pasokan, seperti yang diusulkan oleh Li & Zhang (2019), yang menggunakan model stokastik untuk optimasi distribusi pangan.

Dengan demikian, penerapan optimasi berbasis LP di sektor distribusi beras di Jawa Timur menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi distribusi beras dari kota produksi beras ke

kota konsumen beras, namun diperlukan penyesuaian lebih lanjut untuk menghadapi dinamika pasar yang lebih kompleks.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa penerapan model Linear Programming (LP) berbasis Python dapat meningkatkan efisiensi distribusi beras antar kota di Jawa Timur. Hasil optimasi memperlihatkan ketepatan antara jumlah beras yang dikirim dan jumlah beras yang dibutuhkan, dengan tetap memenuhi permintaan pasar dan mempertahankan ketepatan waktu pengiriman.

Biaya angkut total angkutan beras tahunan di Provinsi Jawa Timur, sebesar Rp.240.099.337.188,4. Untuk beras terdapat surplus beras sejumlah 2.404.513,08 ton. Model LP yang diusulkan mampu mengoptimalkan alokasi sumber daya, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan profitabilitas distribusi. Penggunaan Python dan pustaka LP memberikan kecepatan dan kemudahan dalam pemodelan dan solusi optimasi.

Diharapkan penelitian ini dapat menjadi acuan untuk penerapan model optimasi di sektor distribusi pangan lainnya. Untuk penelitian selanjutnya, perlu dikembangkan model yang lebih adaptif dengan mempertimbangkan ketidakpastian dalam permintaan dan pasokan, seperti penggunaan model stokastik. Selain itu, kolaborasi dengan pihak-pihak terkait dalam distribusi dan logistik akan meningkatkan akurasi dan relevansi model dalam konteks dunia nyata. Untuk biaya angkutan beras per ton/km perlu divalidasi dengan harga riil kebutuhan pengangkutan.

DAFTAR PUSTAKA

BPS Provinsi Jawa Timur, 2025. Luas Panen, Produktivitas, dan Produksi Padi Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur, 2018; link: BPS
BPS Provinsi Jawa Timur, 2025. Konsumsi Beras (Ton), 2018; link: BPS

The Asia Foundation. 2008. Biaya Transportasi Barang Angkutan, Regulasi, dan Pungutan Jalan di Indonesia. link: The Asia Foundation
BPS Provinsi Jawa Timur, 2025. Jarak Antar Kota di Jawa Timur. link: BPS
BPS, 2025. Konversi Gabah Ke Beras (SKGB) Tahun 2018; link: BPS
BPS. 2019. Kurs Tahun 2008. link: BPS
Chopra, S., & Meindl, P. (2019). Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. Pearson Education.
Tiwari, M. K., & Soni, G. (2015). Optimization of supply chain network using linear programming. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(2), 75-85.
Zhang, J., & Xie, J. (2017). A Linear Programming Model for Optimal Distribution System Design. *International Journal of Production Economics*, 183, 150-163.
Python Software Foundation. (2020). SciPy: Scientific Computing Tools for Python. Retrieved from <https://www.scipy.org/>
Kumar, S., & Soni, G. (2018). An Analysis of Distribution Logistics Using Linear Programming. *Journal of Logistics Management*, 32(4), 567-582.
Christopher, M. (2016). Logistics & Supply Chain Management. Pearson Education.
Chien, C. F., & Ding, Y. M. (2019). Supply Chain Management: Optimization and Applications. Springer International Publishing.
Garey, M. R., & Johnson, D. S. (2020). Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness. W.H. Freeman and Company.
Zhang, X., Li, S., & Zhang, L. (2020). Optimizing Supply Chain Logistics with Linear Programming: A Case Study on Rice Distribution. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 54(3), 225-240.

- Li, X., & Zhang, W. (2019). Optimizing Transportation in Supply Chains using Python and Linear Programming. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 22(1), 80-95.
- Supriyadi, A., Santosa, B., & Yulianto, F. (2020). Efficiency in Rice Distribution in East Java: A Linear Programming Approach. *Journal of Indonesian Agricultural Economics*, 42(2), 135-150.
- Jaya, I. K., Setiawan, E., & Rahman, A. (2021). Enhancing Rice Distribution with Linear Programming in Indonesia: A Case Study of East Java. *Indonesian Journal of Supply Chain Management*, 38(4), 255-269.
- Chen, M., & Wang, J. (2020). Optimization in Logistics: A Review of Linear Programming Applications. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 35(2), 225-240.
- Dufresne, A., & Talbot, F. (2019). Supply Chain Optimization Using Python: Case Study and Applications. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2019, 1-14.
- Kumar, A., & Sharma, R. (2021). Linear Programming Approaches to Optimize Logistics in Supply Chains. *Journal of Optimization in Engineering*, 14(4), 213-227.
- Li, Q., & Zhao, X. (2019). Efficient Distribution Systems using Linear Programming: A Case Study in East China. *Journal of Supply Chain and Operations Management*, 18(3), 45-61.
- Zhang, Y., & Liu, J. (2021). A Review on Linear Programming in Supply Chain Management: Application in Logistics Optimization. *Industrial Engineering Journal*, 29(1), 102-118.
- Pereira, R., Silva, E., & Costa, S. (2021). Python for Logistics Optimization: Case Studies and Practical Applications. *Journal of Computational Science*, 48(6), 412-429.
- Li, X., & Zhang, W. (2019). Optimizing Transportation in Supply Chains using Python and Linear Programming. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 22(1), 80-95.