

Penentuan Lokasi Pusat Distribusi Alternatif Gudang Beras di Kerisidenan Surakarta melalui Pendekatan Metode *Center of Gravity*

Erwin Shafira Winoto¹, Miftahol Arifin²,

^{1,2} Teknik Logistik, Fakultas Rekayasa Industri dan Desain, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Purwokerto, Banyumas, 53147, Indonesia

Email: 21109011@ittelkom-pwt.ac.id¹, arifin@ittelkom-pwt.ac.id²

Received: Nov 11, 2023 / Revised: April 03, 2024 / Accepted: May 06, 2024

Abstrak

Dalam era globalisasi dan persaingan bisnis yang semakin ketat, manajemen rantai pasokan dan distribusi menjadi faktor kunci dalam kesuksesan suatu perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan lokasi pusat distribusi alternatif di Kerisidenan Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia, wilayah penting dalam pasokan beras. Metode *Center of Gravity* digunakan sebagai alat analisis utama. Dengan memanfaatkan data permintaan beras konsumen dari Boyolali, Karanganyar, Sragen, Wonogiri, Sukoharjo, Surakarta, dan Klaten, penelitian ini menghasilkan lokasi pusat distribusi optimal untuk meminimalkan biaya transportasi dan waktu pengiriman. Keberlanjutan juga dipertimbangkan, dengan fokus pada pengurangan emisi karbon dan efisiensi energi. Hasilnya adalah pemilihan lokasi pusat distribusi alternatif yang membantu PT ABC meningkatkan efisiensi distribusi beras di Kerisidenan Surakarta. Lokasi optimal memungkinkan perusahaan memenuhi permintaan konsumen dengan lebih baik, mengurangi biaya distribusi, serta mendukung tujuan keberlanjutan global adalah daerah Delanggu. Penelitian ini memberikan panduan berharga bagi manajemen rantai pasokan dan distribusi yang efisien dan berkelanjutan.

Kata kunci: Pusat Distribusi, Metode *Center of Gravity*, Biaya Transportasi, Distribusi Beras

Abstract

In an era of globalization and increasingly fierce business competition, supply chain management and distribution have become key factors in a company's success. This research aims to optimize the location of alternative distribution centers in the Surakarta Residency, a crucial area for rice supply in Central Java, Indonesia. The *Center of Gravity* method is utilized as the primary analytical tool in this study. By utilizing consumer rice demand data from Boyolali, Karanganyar, Sragen, Wonogiri, Sukoharjo, Surakarta, and Klaten, this research identifies optimal distribution center locations to minimize transportation costs and delivery times. Sustainability is also considered, focusing on carbon emission reduction and energy efficiency. The result is the selection of alternative distribution center locations that assist PT ABC in improving rice distribution efficiency in the Surakarta Residency. Optimal locations enable the company to better meet consumer demands, reduce distribution costs, and contribute to global sustainability goals at Delanggu. This research provides valuable guidance for efficient and sustainable supply chain and distribution management.

Keywords: Distribution Center, Center of Gravity Method, Transportation Costs, Rice Distribution

1. Pendahuluan

Dalam era globalisasi dan kompetisi bisnis yang semakin ketat, manajemen rantai pasokan dan distribusi menjadi kunci sukses bagi perusahaan (Hidayatuloh & Qisthani, 2020). Terlepas dari jenis produk atau layanan yang ditawarkan, perusahaan harus mampu mengelola rantai pasokannya dengan efisien, efektif, dan berkelanjutan. Salah satu aspek penting dalam manajemen rantai pasokan adalah pemilihan lokasi pusat distribusi yang strategis (Firdaus & Putra, 2020; Meyer, 2022)

Pemilihan lokasi pusat distribusi merupakan keputusan strategis yang berdampak besar pada operasi perusahaan. Lokasi pusat distribusi yang tepat dapat

mengurangi biaya transportasi (Azmi et al., 2022), mempersingkat waktu pengiriman (Rully & Aldenia, 2018), dan meningkatkan pelayanan pelanggan. Sebaliknya, pemilihan lokasi yang tidak tepat dapat mengakibatkan biaya tinggi, keterlambatan pengiriman, dan ketidakpuasan pelanggan (Arifin, 2021). Dalam konteks penelitian ini, fokus pada pemilihan lokasi pusat distribusi beras di Kerisidenan Surakarta, sebuah wilayah yang memiliki peran strategis dalam pasokan beras di Jawa Tengah, Indonesia. Pusat distribusi yang optimal di wilayah ini sangat penting untuk menjaga ketersediaan beras bagi masyarakat yang membutuhkannya.

Kerisidenan Surakarta merupakan salah satu wilayah administratif di Provinsi Jawa Tengah,

Indonesia. Wilayah ini meliputi beberapa kabupaten dan kota, termasuk Boyolali, Karanganyar, Sragen, Wonogiri, Sukoharjo, Surakarta, dan Klaten. Wilayah ini dikenal dengan kepadatan penduduk yang signifikan dan peran strategisnya dalam rantai pasokan beras di Jawa Tengah. Beras merupakan salah satu bahan makanan pokok bagi penduduk Indonesia. Karena pentingnya beras dalam aspek gizi dan kebutuhan sehari-hari, pasokan beras harus dijamin untuk memenuhi permintaan masyarakat. PT ABC, sebuah perusahaan yang memproduksi beras, berlokasi di Kediri, Jawa Timur, dan memasok beras ke seluruh daerah di Pulau Jawa. Sebagian besar pasokan beras PT ABC di Pulau Jawa disalurkan melalui distributor yang bertugas mendistribusikan beras ke grosir, retail, dan pedagang pasar. Distribusi yang efisien dan efektif adalah kunci keberhasilan dalam memenuhi permintaan konsumen.

Surakarta dipilih sebagai wilayah untuk mengambil sampel dalam penentuan lokasi pusat distribusi alternatif gudang beras melalui Metode *Center of Gravity* karena berbagai alasan yang relevan. Pertama-tama, Surakarta dikenal dengan kepadatan penduduknya yang tinggi, yang menjadikannya pasar potensial yang besar bagi produk beras. Selain itu, aksesibilitas yang baik melalui infrastruktur transportasi yang berkembang di kota ini memungkinkan distribusi barang yang efisien ke berbagai wilayah di sekitarnya. Faktor ketersediaan sumber daya juga menjadi pertimbangan, dengan Surakarta memiliki infrastruktur dan tenaga kerja yang cukup untuk mendukung operasional gudang beras. Pertumbuhan ekonomi yang stabil dan potensi pasar yang luas di kota ini juga menarik perhatian dalam penentuan lokasi pusat distribusi. Dengan potensi pasar yang besar dan analisis Metode *Center of Gravity* yang mempertimbangkan jarak, permintaan, dan kapasitas distribusi.

Dalam hal ini, PT ABC memiliki sebaran konsumen di wilayah Kerisidenan Surakarta yang mencakup kabupaten dan kota yang telah disebutkan sebelumnya. Dalam rangka memenuhi permintaan konsumen dan menjaga ketersediaan beras dengan baik, PT ABC telah merencanakan untuk mendirikan pusat distribusi alternatif di wilayah ini. Pusat distribusi alternatif ini akan bertindak sebagai tempat konsolidasi (*break bulk*) (Supriadi, 2021) yang dapat melayani beberapa tujuan dalam wilayah Kerisidenan Surakarta.

Pemilihan lokasi pusat distribusi alternatif di wilayah ini memiliki dampak besar pada efisiensi dan efektivitas distribusi beras. Dengan lokasi yang tepat, PT ABC dapat mengurangi biaya transportasi, mempersingkat waktu pengiriman, dan memastikan ketersediaan beras yang stabil. Namun, pemilihan lokasi yang kurang optimal dapat mengakibatkan biaya tinggi, keterlambatan pengiriman, dan ketidakpuasan pelanggan.

Pemilihan lokasi pusat distribusi adalah tugas yang rumit dan memerlukan pertimbangan matang.

Beberapa faktor perlu dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pusat distribusi seperti Aksesibilitas, Infrastruktur, Permintaan Konsumen, Biaya Transportasi, Ketersediaan Tenaga Kerja termasuk Undang-Undang dan Peraturan Pemerintah (R. Li et al., 2023)

Pemilihan lokasi pusat distribusi yang optimal memerlukan analisis yang komprehensif dan data yang kuat. Dalam kasus penelitian ini, metode *Center of Gravity* (Riady & Aspiranti, 2019) digunakan untuk mengidentifikasi lokasi pusat distribusi yang optimal berdasarkan data permintaan konsumen dan koordinat geografis. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi lokasi pusat distribusi alternatif yang optimal di Kerisidenan Surakarta, mempertimbangkan faktor-faktor keberlanjutan, dan mengukur dampaknya terhadap biaya transportasi dan efisiensi distribusi beras oleh PT ABC.

2. Tinjauan Pustaka

1. Pemilihan Lokasi Pusat Distribusi dalam Rantai Pasokan

Pemilihan lokasi pusat distribusi adalah elemen kunci dalam manajemen rantai pasokan dan logistik perusahaan. Hal ini menjadi sangat penting karena berdampak langsung pada efisiensi dan efektivitas pengiriman produk kepada konsumen atau titik penjualan. Dalam konteks penelitian ini, fokus akan diberikan pada metode pemilihan lokasi pusat distribusi alternatif di Kerisidenan Surakarta dengan menggunakan pendekatan metode *Center of Gravity* (Dasfordate, 2012)

Penelitian-penelitian sebelumnya telah memberikan pemahaman yang mendalam tentang pentingnya pemilihan lokasi pusat distribusi dalam perusahaan. (Dubey Scholar et al., 2020) menekankan bahwa keputusan ini berkaitan dengan pengurangan biaya transportasi, optimalisasi waktu pengiriman, dan peningkatan pelayanan pelanggan. Lokasi yang optimal dapat membantu perusahaan menghindari biaya tambahan yang timbul akibat pengiriman jarak jauh, dan memungkinkan mereka untuk menjaga ketersediaan produk dengan lebih baik.

Metode *Center of Gravity* yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan yang sering digunakan dalam analisis lokasi pusat distribusi. Penelitian oleh (Meyer, 2022) menjelaskan metode ini secara rinci. Metode *Center of Gravity* mengambil titik koordinat geografis pelanggan dan jumlah permintaan mereka sebagai faktor penting dalam penentuan lokasi. Melalui perhitungan matematis, metode ini menghasilkan titik pusat gravitasi yang optimal untuk distribusi, yang dapat meminimalkan jarak rata-rata pengiriman dan biaya transportasi.

2. Metode *Center of Gravity* dalam Penentuan Lokasi Distribusi

Metode *Center of Gravity* adalah pendekatan matematis yang telah terbukti efektif dalam menentukan lokasi pusat distribusi optimal. Metode ini memainkan peran penting dalam pemilihan lokasi pusat distribusi alternatif di Kerisidenan Surakarta dalam kerangka penelitian ini.

Metode *Center of Gravity* adalah teknik yang memanfaatkan koordinat geografis dari pelanggan atau titik permintaan dan jumlah permintaan mereka untuk menentukan lokasi pusat distribusi yang optimal (Šlebir, 2022). Pendekatan ini telah digunakan dalam berbagai bidang, termasuk logistik, manajemen rantai pasokan, dan perencanaan tata ruang kota.

Dalam studi yang dilakukan oleh (Xia et al., 2023), metode *Center of Gravity* dijelaskan secara rinci. Metode ini melibatkan langkah-langkah perhitungan matematis yang menghasilkan pusat gravitasi dari permintaan pelanggan. Hasil dari perhitungan ini adalah koordinat geografis yang mewakili lokasi yang paling optimal untuk pusat distribusi. Dengan demikian, metode ini memungkinkan perusahaan untuk menentukan titik lokasi yang dapat meminimalkan jarak rata-rata pengiriman dan biaya transportasi.

Keunggulan dari metode *Center of Gravity* adalah kemampuannya untuk memberikan solusi berdasarkan data faktual, bukan berdasarkan asumsi atau penilaian subjektif. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk membuat keputusan yang didukung oleh bukti kuat, yang pada gilirannya dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya distribusi (Whittle, 1997)

3. Pusat Distribusi dan Rantai Pasokan di Indonesia

Indonesia memiliki rantai pasokan yang kompleks dan beragam untuk berbagai produk, termasuk bahan makanan penting seperti beras. Dalam konteks penelitian ini, peran pusat distribusi dalam rantai pasokan beras di Indonesia akan ditekankan, khususnya dalam wilayah Kerisidenan Surakarta.

Indonesia adalah salah satu negara dengan populasi terbesar di dunia, dan pasokan pangan menjadi prioritas utama dalam memastikan kesejahteraan masyarakat. Bahan makanan seperti beras adalah kebutuhan mendasar bagi penduduk Indonesia, dan manajemen rantai pasokan beras memerlukan perencanaan yang cermat untuk memastikan pasokan yang stabil dan terjangkau.

Penelitian oleh (Paillin & Dasfordate, 2012) mengangkat isu-isu terkait rantai pasokan beras di Indonesia. Studi ini memberikan wawasan tentang bagaimana pusat distribusi berperan dalam mengkoordinasikan pasokan beras dari produsen hingga konsumen. Dalam konteks Kerisidenan Surakarta, pusat distribusi yang optimal akan memainkan peran penting dalam mengelola pasokan beras ke daerah-daerah seperti Boyolali, Karanganyar, Sragen, Wonogiri, Sukoharjo, Surakarta, dan Klaten.

Kerisidenan Surakarta memiliki peran strategis dalam pasokan beras di Jawa Tengah. Wilayah ini menghadapi tuntutan besar dalam memenuhi permintaan beras dari berbagai segmen konsumen, termasuk grosir, retail, dan pedagang pasar. Pusat distribusi yang efektif akan membantu PT ABC, produsen beras dalam konteks penelitian ini, untuk memenuhi permintaan konsumen secara lebih efisien.

Studi oleh (X. Li et al., 2023) mengidentifikasi faktor-faktor penting dalam pemilihan lokasi pusat distribusi yang efisien di Indonesia. Faktor-faktor seperti aksesibilitas, infrastruktur, dan permintaan konsumen adalah pertimbangan utama dalam pemilihan lokasi.

Penelitian ini menyoroti kompleksitas manajemen pusat distribusi dalam menjaga pasokan beras di Indonesia.

4. Logistik dan Distribusi di Wilayah Surakarta

Wilayah Surakarta, terutama dalam konteks distribusi bahan makanan seperti beras, memiliki peran strategis dalam logistik dan distribusi di Jawa Tengah, Indonesia. Dalam poin ini, kita akan mengeksplorasi peran pusat distribusi dalam memastikan ketersediaan beras di wilayah ini.

Wilayah Surakarta, yang meliputi daerah-daerah seperti Boyolali, Karanganyar, Sragen, Wonogiri, Sukoharjo, Surakarta, dan Klaten, adalah wilayah yang padat penduduk dengan tingkat permintaan beras yang signifikan. Karena beras adalah salah satu makanan pokok, peran pusat distribusi yang efisien sangat penting dalam memenuhi kebutuhan konsumen dan menjaga stabilitas pasokan.

Pusat distribusi adalah lokasi kunci di mana beras dihimpun, disimpan, dan didistribusikan ke berbagai tujuan. Perencanaan lokasi pusat distribusi yang tepat adalah elemen kunci dalam logistik dan rantai pasokan. Pusat distribusi yang optimal harus mempertimbangkan faktor-faktor seperti aksesibilitas, akses jalan, permintaan konsumen, dan kebutuhan grosir serta pedagang pasar.

Dalam studi yang dilakukan oleh (Ruwiyanto et al., 2021), peran pusat distribusi dalam logistik dan distribusi di wilayah Surakarta ditekankan. Studi ini mengidentifikasi tantangan dan peluang dalam pengelolaan pusat distribusi yang efisien. Pusat distribusi yang baik dapat memungkinkan perusahaan untuk mengurangi biaya transportasi, memperpendek waktu pengiriman, dan meningkatkan layanan kepada konsumen.

5. Keberlanjutan dalam Pemilihan Lokasi Distribusi

Keberlanjutan (*sustainability*) dalam pemilihan lokasi pusat distribusi merupakan faktor yang semakin penting dalam era modern ini. Faktor-faktor keberlanjutan, seperti dampak lingkungan, emisi karbon, dan efisiensi energi, memainkan peran penting dalam pengambilan keputusan terkait pemilihan lokasi pusat distribusi. Dalam konteks penelitian ini, aspek keberlanjutan dalam pemilihan lokasi akan menjadi fokus.

Pemilihan lokasi pusat distribusi yang ramah lingkungan adalah salah satu langkah penting dalam upaya mengurangi dampak lingkungan dari operasi logistik dan distribusi. Dalam penelitian oleh (Wang et al., 2020), peran pusat distribusi dalam mempengaruhi emisi karbon dalam rantai pasokan ditekankan. Pusat distribusi yang optimal dapat membantu mengurangi jarak pengiriman, yang pada gilirannya mengurangi emisi karbon yang dihasilkan selama transportasi.

Dalam konteks keberlanjutan, pemilihan lokasi pusat distribusi juga harus mempertimbangkan faktor lain seperti efisiensi energi dan penggunaan sumber daya alam. Pusat distribusi yang memiliki aksesibilitas baik ke

energi terbarukan atau berbasis energi hijau dapat membantu perusahaan memenuhi target keberlanjutan mereka.

Keberlanjutan juga terkait dengan isu tata ruang kota dan penggunaan lahan. Dalam pemilihan lokasi pusat distribusi, perlu memastikan bahwa lokasi tersebut sesuai dengan rencana tata ruang kota dan tidak mengganggu ekosistem alamiah atau wilayah pemukiman masyarakat.

Dalam konteks penelitian ini, keberlanjutan akan menjadi salah satu pertimbangan dalam pemilihan lokasi pusat distribusi alternatif di Kerisidenan Surakarta. Dengan mempertimbangkan aspek keberlanjutan, PT ABC dapat menjaga dampak lingkungan yang minimal dalam operasi distribusi mereka dan memainkan peran dalam upaya global untuk mengurangi emisi karbon.

Keberlanjutan bukan hanya tanggung jawab etis, tetapi juga dapat memberikan manfaat ekonomi jangka panjang. Dalam banyak kasus, langkah-langkah yang mendukung keberlanjutan dapat mengurangi biaya jangka panjang dan meningkatkan citra perusahaan. Dengan memasukkan keberlanjutan dalam pemilihan lokasi pusat distribusi, perusahaan dapat mencapai tujuan bisnis dan lingkungan secara bersamaan.

3. Metode Penelitian

1. Identifikasi Data.

Data yang diperlukan untuk penelitian ini mencakup dua aspek utama: permintaan konsumen dan faktor geografis. Data permintaan konsumen mencakup jumlah beras yang diminta oleh konsumen di daerah-daerah yang termasuk dalam wilayah Kerisidenan Surakarta, seperti Boyolali, Karanganyar, Sragen, Wonogiri, Sukoharjo, Surakarta, dan Klaten. Data ini adalah informasi kunci untuk menghitung pusat distribusi yang optimal, karena permintaan konsumen adalah faktor penting dalam menentukan lokasi distribusi. Selain data permintaan, data geografis berupa koordinat lokasi konsumen juga sangat penting. Data ini digunakan untuk menghitung pusat gravitasi (*Center of Gravity*) yang akan membantu menentukan lokasi pusat distribusi yang optimal secara geografis. Selain dua aspek utama di atas, dalam tahap identifikasi data, juga perlu mempertimbangkan faktor keberlanjutan, seperti emisi karbon dan efisiensi energi, yang akan menjadi bagian penting dalam analisis pemilihan lokasi pusat distribusi yang optimal. Keseluruhan proses identifikasi data harus dilakukan dengan teliti dan akurat untuk memastikan bahwa data yang digunakan dalam penelitian benar-benar relevan dan dapat mendukung analisis yang komprehensif.

2. Pemilihan Pusat Distribusi Awal.

Pilih lokasi awal yang mungkin sebagai pusat distribusi. Pusat distribusi ini akan digunakan sebagai titik awal perhitungan.

3. Perhitungan *Center of Gravity*.

Metode *Center of Gravity* (CoG) adalah sebuah alat analisis yang digunakan untuk menentukan lokasi pusat atau titik tengah dari suatu distribusi atau distribusi massa. Ini adalah metode yang digunakan dalam berbagai bidang, termasuk ilmu geografi, manajemen rantai

pasokan, dan rekayasa. Konsep dasar dari metode CoG adalah menemukan titik di mana jumlah bobot atau permintaan yang didistribusikan ke lokasi tertentu seimbang. Dengan kata lain, hal tersebut merupakan titik di mana pusat massa, atau pusat gravitasi berada.

Dalam konteks manajemen rantai pasokan, metode CoG sering digunakan untuk menentukan lokasi pusat distribusi yang optimal. Ini penting dalam mengoptimalkan proses distribusi barang atau layanan ke konsumen. Dengan menemukan lokasi pusat distribusi yang tepat, perusahaan dapat meminimalkan biaya transportasi, mempersingkat waktu pengiriman, dan meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.

Proses perhitungan metode CoG melibatkan tiga langkah utama. Pertama, data diperlukan untuk menentukan bobot atau permintaan yang didistribusikan ke lokasi tertentu. Kedua, koordinat geografis dari setiap lokasi tersebut diperlukan. Ketiga, dengan menggunakan rumus-rumus matematis yang sesuai, koordinat pusat gravitasi dihitung. Hasilnya adalah lokasi geografis yang menggambarkan pusat massa atau pusat gravitasi dari distribusi tersebut.

Hitung koordinat x (C_x) dan koordinat y (C_y) dari pusat gravitasi menggunakan rumus berikut:

$$C_x = \frac{\sum d_{ix} \cdot W_i}{\sum W_i} \quad (1)$$

$$C_y = \frac{\sum d_{iy} \cdot W_i}{\sum W_i} \quad (2)$$

Di mana:

C_x adalah koordinat x dari pusat gravitasi.

C_y adalah koordinat y dari pusat gravitasi.

d_{ix} adalah koordinat x dari lokasi ke- i .

d_{iy} adalah koordinat y dari lokasi ke- i .

W_i adalah jumlah produk yang akan didistribusikan dari lokasi ke- i .

4. Evaluasi Lokasi Optimal.

Bandingkan hasil perhitungan pusat gravitasi dengan lokasi awal yang dipilih. Jika hasil perhitungan lebih mendekati lokasi yang optimal, lokasi awal dapat diterima sebagai pusat distribusi. Jika tidak, langkah 5 diperlukan.

5. Pemilihan Lokasi Pusat Distribusi yang Optimal.

Gantilah lokasi awal dengan lokasi baru yang mungkin sebagai pusat distribusi dan ulangi perhitungan *Center of Gravity*.

Lakukan ini berulang kali hingga menemukan lokasi yang paling optimal yang meminimalkan jarak rata-rata antara perusahaan dan konsumen dengan mempertimbangkan jumlah permintaan.

6. Penggunaan Aplikasi Berbasis Web.

Penggunaan aplikasi berbasis web, seperti *Google Maps*, digunakan untuk menentukan koordinat lokasi konsumen dan *Google My Maps* untuk visualisasi lokasi pusat distribusi di antara konsumen.

Metode *Center of Gravity* digunakan dengan asumsi bahwa biaya distribusi berkaitan secara langsung dengan jarak dan volume produk yang akan didistribusikan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan lokasi pusat distribusi yang dapat

meminimalkan jarak rata-rata antara perusahaan dan konsumennya sambil mempertimbangkan jumlah permintaan.

4. Hasil dan Pembahasan

Data yang diperoleh terkait dengan konsumen yang membutuhkan pasokan beras di wilayah Karesidenan Surakarta, mencakup daerah Boyolali, Karanganyar, Sragen, Wonogiri, Sukoharjo, Surakarta, dan Klaten. Data ini mencakup jumlah permintaan (demand) dari konsumen serta koordinat geografis konsumen yang diperoleh dari *Google Maps*. Koordinat *x* dan *y* digunakan untuk memetakan sebaran konsumen PT ABC dan untuk menentukan lokasi alternatif sebagai pusat distribusi, dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengiriman beras PT ABC di wilayah Surakarta. Rincian data permintaan konsumen adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Data lokasi dan jumlah permintaan (*demand*) konsumen

Lokasi Distribution Centre	Demand (Wi)	Proporsi Peningkatan	Demand setelah kenaikan
Boyolali	491	1,24	609
Karanganyar	439	1,11	487
Sragen	582	1,02	594
Wonogiri	514	1,67	858
Sukoharjo	327	1,22	399
Surakarta	235	1,21	284
Klaten	558	1,13	631
Jumlah	3146		3862

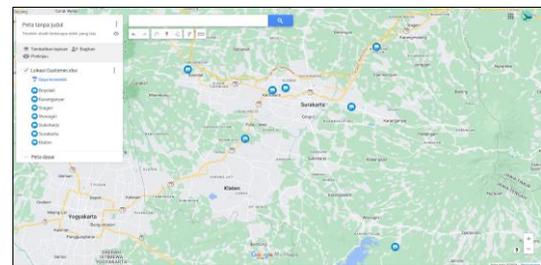
Penambahan lokasi Distribution Centre (DC) baru yang direncanakan pada daerah Palur atau Delanggu menjadi penting mengingat pertumbuhan permintaan yang signifikan dalam wilayah distribusi yang ada dan pusat distribusi yang ada saat sekarang sudah tidak memungkinkan dilakukan penambahan atau pengembangan kapasitas distribusi. Dengan pertimbangan data permintaan yang meningkat di beberapa lokasi yang cukup besar dan kapasitas DC pada calon lokasi adalah 300. Misalnya, permintaan beras dari Wonogiri mengalami peningkatan hingga 1,67 kali lipat dari jumlah awalnya, mencapai 858 unit. Demikian pula, permintaan dari Boyolali, Karanganyar, dan Sukoharjo juga menunjukkan peningkatan yang signifikan seiring dengan pertumbuhan penduduk. Dengan total permintaan setelah peningkatan mencapai 3862 unit, penambahan lokasi DC baru yaitu antara Palur atau Delanggu menjadi esensial untuk memenuhi permintaan yang meningkat ini.

Terlihat bahwa permintaan tertinggi tercatat di Sragen, mencapai 582 ton, sementara permintaan terendah berasal dari Surakarta dengan jumlah 235 ton. Total keseluruhan permintaan mencapai 3.146 ton. Berikut merupakan data koordinat geografis lokasi masing-masing konsumen, yang diperoleh melalui *Google Maps*.

Tabel 2. Titik koordinat lokasi konsumen

Lokasi DC	dix	diy
Boyolali	-7,50589	110,57672
Karanganyar	-7,57969	110,89948
Sragen	-7,46189	110,94918
Wonogiri	-7,85508	110,98577
Sukoharjo	-7,54689	110,74356
Surakarta	-7,54257	110,76935
Klaten	-7,64193	110,68972
Palur	-7,60574	110,71443
Delanggu	-7,60596	110,78531

Adapun peta tersebut sesuai dengan *gmaps* seperti yang disajikan dalam gambar 1. Dalam menentukan pusat distribusi alternatif gudang beras, dipertimbangkan dua kota potensial: Palur (362) dan Delanggu (247). Palur menarik karena aksesibilitasnya yang baik dan pertumbuhan ekonomi yang stabil. Di sisi lain, Delanggu memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dan akses ke wilayah agraris yang subur. Dalam analisis menggunakan Metode *Center of Gravity*, akan dievaluasi faktor-faktor seperti jarak, permintaan, dan kapasitas distribusi untuk menentukan kota yang optimal.



Gambar 1. Sebaran lokasi konsumen di wilayah Surakarta

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 1 dapat diketahui titik koordinat dan sebaran lokasi konsumen PT ABC, sehingga dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode *Center of Gravity* sebagai berikut.

Tabel 3. Perhitungan data

Lokasi Customer	dix	diy	dix(Wi)	diy(Wi)
Boyolali	-7,50589	110,57672	-3685,39199	54293,16952
Karanganyar	-7,57969	110,89948	-3327,48391	48684,87172
Sragen	-7,46189	110,94918	-4342,81998	64572,42276
Wonogiri	-7,85508	110,98577	-4037,51112	57046,68578
Sukoharjo	-7,54689	110,74356	-2467,83303	36213,14412
Surakarta	-7,54257	110,76935	-1772,50395	26030,79725
Klaten	-7,64193	110,68972	-4264,19694	61764,86376
Palur	-7,60574	110,71443	-1787,3489	26017,89105
Delanggu	-7,60596	110,78531	-4244,12568	61818,20298
Jumlah			-23897,7409	348605,9549

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh hasil perhitungan:

$$Cx = \frac{\sum d_{ix} \cdot W_i}{\sum W_i} = \frac{-23897,741}{3146} = -7,59623$$

$$Cy = \frac{\sum d_{iy} \cdot W_i}{\sum W_i} = \frac{348605,955}{3146} = 110,80927$$

Untuk menentukan lokasi distribusi yang baru maka akan dilakukan perhitungan kedua pusat massa (CM) untuk menentukan di mana lokasi distribusi baru harus dibangun. Semakin rendah nilai CM, semakin ideal sebagai lokasi distribusi baru.

$$C_{xPalur} = \frac{\sum dx_i \cdot W_i}{\sum W_i} = \frac{-1787,2489}{300} = -5,9578$$

$$C_{yPalur} = \frac{\sum dy_i \cdot W_i}{\sum W_i} = \frac{26017,8911}{300} = 86,7263035$$

$$C_{xDelanggu} = \frac{\sum dx_i \cdot W_i}{\sum W_i} = \frac{-4244,12568}{300} = -14,14709$$

$$C_{yDelanggu} = \frac{\sum dy_i \cdot W_i}{\sum W_i} = \frac{61818,203}{300} = 206,060677$$

Dalam pemilihan lokasi, semakin rendah nilai C_x dan C_y , semakin dekat pusat distribusi dengan pelanggan secara keseluruhan. Dalam hal ini, nilai C_x dan C_y untuk Delanggu (-14,14709 dan 206,060677) lebih rendah daripada Palur (-5,9578 dan 86,7263035). Oleh karena itu, berdasarkan perhitungan pusat massa, Delanggu akan menjadi pilihan yang lebih baik sebagai lokasi distribusi baru.

5. Analisis Hasil

Analisis hasil perhitungan pusat massa (*Center of Gravity*) antara Palur dan Delanggu memberikan wawasan yang penting dalam penentuan lokasi distribusi baru untuk memenuhi permintaan yang meningkat. Berdasarkan perhitungan, nilai pusat massa C_x dan C_y merupakan indikator utama untuk menentukan lokasi yang paling optimal secara geografis.

Dalam kasus ini, nilai C_x dan C_y yang lebih rendah menunjukkan bahwa lokasi distribusi lebih dekat dengan pusat massa pelanggan secara keseluruhan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai C_x dan C_y untuk Delanggu (-14,14709 dan 206,060677) lebih rendah daripada Palur (-5,9578 dan 86,7263035), yang menandakan Delanggu memiliki keunggulan geografis dalam hal jarak rata-rata antara lokasi distribusi dan pelanggan.

Selain itu, perlu diperhatikan bahwa faktor-faktor lain seperti aksesibilitas, infrastruktur, dan keberlanjutan lingkungan juga penting untuk dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi distribusi. Meskipun Delanggu memiliki nilai pusat massa yang lebih rendah, Palur dan Delanggu mungkin memiliki perbedaan dalam hal aksesibilitas jalan raya, akses ke sumber daya, dan dampak lingkungan. Evaluasi lebih lanjut terhadap faktor-faktor ini diperlukan untuk memastikan keputusan lokasi distribusi baru yang tepat.

Dengan demikian, meskipun Delanggu menunjukkan keunggulan dalam hal pusat massa yang lebih rendah, keputusan akhir harus didasarkan pada analisis yang komprehensif yang mempertimbangkan

semua faktor yang relevan. Hal ini memastikan bahwa lokasi distribusi baru tidak hanya memenuhi kebutuhan operasional, tetapi juga mendukung pertumbuhan bisnis jangka panjang dan berkelanjutan.

Salah satu implikasi utama dari hasil perhitungan adalah optimalisasi jarak rata-rata distribusi beras oleh PT ABC. Lokasi pusat distribusi alternatif yang diusulkan, dengan pertimbangan jumlah permintaan dari konsumen. Dengan lokasi ini, perusahaan dapat mengurangi jarak rata-rata pengiriman ke konsumen di seluruh wilayah.

Pengurangan jarak rata-rata ini akan menghasilkan beberapa manfaat yang signifikan. Pertama, biaya transportasi akan berkurang karena jarak yang lebih pendek akan meminimalkan pengeluaran untuk bahan bakar dan kendaraan. Ini akan mengarah pada penghematan biaya operasional yang signifikan bagi PT ABC. Selain itu, pengurangan jarak juga akan mempersingkat waktu pengiriman, yang merupakan faktor kunci dalam memenuhi permintaan konsumen dengan tepat waktu. Dengan jarak yang lebih pendek, PT ABC dapat meningkatkan layanan pelanggan dan kepuasan konsumen.

Dampak Terhadap Efisiensi Distribusi

Lokasi pusat distribusi yang optimal ini juga akan berdampak pada efisiensi distribusi secara keseluruhan. Dengan memiliki pusat distribusi yang strategis di tengah wilayah Kerisidenan Surakarta, PT ABC dapat mengkonsolidasikan beras dari berbagai sumber produsen dan mendistribusikannya ke berbagai tujuan konsumen dengan lebih efisien. Ini memungkinkan perusahaan untuk memaksimalkan kapasitas kendaraan distribusi dan mengurangi perjalanan yang tidak perlu. Sebagai hasilnya, sumber daya perusahaan, seperti armada kendaraan dan tenaga kerja distribusi, dapat dimanfaatkan secara lebih efisien. Selain itu, pusat distribusi yang berlokasi di tengah-tengah wilayah juga dapat memungkinkan perusahaan untuk merencanakan rute distribusi yang lebih baik. Dengan perencanaan rute yang tepat, PT ABC dapat menghindari kemacetan lalu lintas, jalan yang rusak, atau rintangan lain yang dapat menghambat efisiensi distribusi. Ini akan meminimalkan waktu yang terbuang dan memungkinkan perusahaan untuk mencapai target pengiriman dengan lebih efektif.

Pertimbangan Faktor Keberlanjutan

Dalam pemilihan lokasi pusat distribusi alternatif, faktor keberlanjutan, seperti emisi karbon dan efisiensi energi, juga perlu dipertimbangkan. Hasil perhitungan ini memberikan lokasi yang meminimalkan jarak, tetapi faktor-faktor keberlanjutan juga merupakan komponen penting dalam operasi perusahaan yang bertanggung jawab.

Pusat distribusi yang berlokasi di tengah wilayah dapat memberikan manfaat dalam hal

keberlanjutan. Pertama, pengurangan jarak tempuh akan mengurangi emisi karbon yang dihasilkan oleh armada kendaraan distribusi. Ini berkontribusi pada upaya global untuk mengurangi dampak lingkungan dari aktivitas transportasi. PT ABC dapat mempromosikan diri sebagai perusahaan yang peduli lingkungan dengan mengurangi jejak karbonnya. Selain itu, dengan meminimalkan jarak, perusahaan juga dapat menghemat energi yang digunakan dalam operasi distribusi. Penggunaan bahan bakar yang lebih efisien dan pengurangan waktu perjalanan akan mengurangi konsumsi energi. Hal ini konsisten dengan prinsip efisiensi energi dan penghematan sumber daya alam.

6. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data menggunakan metode *Center of Gravity*, ditemukan bahwa koordinat pusat distribusi untuk Delanggu adalah -14,14709 dan 206,060677, sedangkan Palur yaitu -5,9578 dan 86,7263035. Dalam pemilihan lokasi, semakin rendah nilai C_x dan C_y , semakin dekat pusat distribusi dengan pelanggan secara keseluruhan. Oleh karena itu, Delanggu akan menjadi pilihan yang lebih baik sebagai lokasi distribusi baru. Pengurangan jarak rata-rata ini akan menghasilkan beberapa manfaat, yaitu pengurangan biaya transportasi karena jarak yang lebih pendek sehingga meminimalkan biaya pengeluaran bahan bakar, mempersingkat waktu pengiriman, serta meningkatkan layanan pelanggan dan kepuasan konsumen. Namun, perlu diperhatikan bahwa faktor-faktor lain seperti aksesibilitas, infrastruktur, dan keberlanjutan lingkungan juga penting untuk dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi distribusi. Evaluasi lebih lanjut terhadap faktor-faktor ini diperlukan untuk memastikan keputusan lokasi distribusi baru yang tepat.

Daftar Pustaka

- Arifin, M. (2021). Genetic Algorithm Approach to Logistics Transportation and Distribution Problems: A Case Study of Parcel Delivery Services. *OPSI*, 14(2), 122. <https://doi.org/10.31315/opsi.v14i2.4903>
- Azmi, H., Malkhamah, S., & Muthohar, I. (2022). Penentuan Lokasi Fasilitas Intermoda Menggunakan Metode *Center of Gravity* pada Jalur Rel Makassar-Garongkong. *Semesta Teknika*, 25(2). <https://doi.org/10.18196/st.v25i2.15357>
- Dasfordate, M. T. (2012). Penentuan Alternatif Lokasi Gudang Akhir Rumpuk Laut Dengan Metode *Center of Gravity* Dan Point Rating (Studi Kasus Di Kabupaten Seram Bagian Barat). *ARIKA*, 06(2).
- Dubey Scholar, A., Soni, A., Mishra, S., Santra, A., Khune, V., Pathak, R., Dubey, A., Bhagat, S., & Das, S. (2020). Position of centre of gravity in different species: A review. ~ 496 ~ *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(1).
- Firdaus, M. R., & Putra, P. A. (2020). Penggunaan Metode Pusat Gravitasi Dalam Penentuan Lokasigudang Terhadap Jarak Meminimalkan Pengiriman Transportasi Pada Pt. Xyz. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 6(3). <https://doi.org/10.33197/jitter.vol6.iss3.2020.428>
- Hidayatulloh, S., & Qisthani, N. N. (2020). Supply Chain Performance Measurement at Batik Industry MTO Type Using SCOR 12.0 and AHP. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRISI)*, 7.
- Li, R., You, K., Cai, W., Wang, J., Liu, Y., & Yu, Y. (2023). Will the southward *Center of Gravity* migration of population, floor area, and building energy consumption facilitate building carbon emission reduction in China? *Building and Environment*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110576>
- Li, X., Wen, H., Fu, J., Zhang, X., Zhou, H., Yao, B., Lian, L., Yu, D., & Mao, L. (2023). Modeling and system analysis of floating underwater vehicle with variable mass and *Center of Gravity*. *Ocean Engineering*, 267. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.113303>
- Meyer, E. L. (2022). The centre of gravity concept: contemporary theories, comparison, and implications. *Defence Studies*, 22(3). <https://doi.org/10.1080/14702436.2022.2030715>
- Pailin, D. B., & Dasfordate, M. T. (2012). Metode *Center of Gravity* dan Point Rating (Studi Kasus Di Kabupaten Seram Bagian Barat). *Arika*, 06(2).
- Riady, R., & Aspiranti, T. (2019). Penentuan Lokasi Alternatif Kantor dan Pabrik Pt. Sublimindo dengan menggunakan Metode *Center of Gravity* dan Factor Rating. *Prosiding Manajemen*, 5(2).
- Rully, T., & Aldenia, D. C. (2018). Penggunaan Metode *Center of Gravity* Dalam Penentuan Lokasi Gudang Terhadap Meminimalkan Biaya Transportasi Pada Pt Elangperdana Tyre Industry. *JIMFE (Jurnal Ilmiah Manajemen Fakultas Ekonomi)*, 6(1). <https://doi.org/10.34203/jimfe.v6i1.494>
- Ruwiyanto, S., Wahyuni, L., Maulid, F., & Fauzi, M. (2021). Penerapan Metode *Center of Gravity* Dalam Penentuan Pusat Distribusi Alternatif Di Pulau Jawa. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 1(01).
- Šlebir, M. (2022). Re-examining the *Center of Gravity*: Theoretical and structural analysis of the concept. *Revista Científica General Jose Maria Cordova*, 20(40). <https://doi.org/10.21830/19006586.979>
- Supriadi. (2021). Penentuan lokasi gudang dengan metode *Center of Gravity* dan Rating factor serta ukuran Gudang Pada PT.XYZ. In *Fakultas Teknik USU Medan*.
- Wang, H., Zhang, B., Liu, Y., Liu, Y., Xu, S., Zhao, Y., Chen, Y., & Hong, S. (2020). Urban expansion patterns and their driving forces based on the *Center of Gravity*-GTWR model: A case study of the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration. *Journal of Geographical Sciences*, 30(2). <https://doi.org/10.1007/s11442-020-1729-4>
- Whittle, M. W. (1997). Three-dimensional motion of the *Center of Gravity* of the body during walking. *Human Movement Science*, 16(2-3). [https://doi.org/10.1016/S0167-9457\(96\)00052-8](https://doi.org/10.1016/S0167-9457(96)00052-8)
- Xia, G., Zhang, C., Tang, X., Zhang, Y., & Zhao, L.

(2023). *Center of Gravity Position Estimation of Counterbalanced Forklift Truck Based on Multi Model Data Fusion. International Journal of Automotive Technology*, 24(5).
<https://doi.org/10.1007/s12239-023-0108-4>