

PEMILIHAN LOKASI GUDANG MENGGUNAKAN METODE *CENTER OF GRAVITY* PADA PERUSAHAAN BRANKAS

Tertya Khirana¹, Ria Arifianti², Pratami Wulan Tresna³

^{1,2,3}Program Studi Adminsitasi Bisnis, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik,
Universitas Padjadjaran
E-mail Korespondensi: tertya22001@mail.unpad.ac.id

Submitted: 12-11-2025; Accepted: 17-12-2025; Published : 24-12-2025

ABSTRAK

Perencanaan pemindahan gudang utama ke daerah lain menjadi salah satu pertimbangan perusahaan saat ini. Permasalahan yang melatarbelakanginya adalah keterbatasan luas gudang eksisting, akses jalan yang terlalu sempit untuk dilalui kendaraan berukuran besar, dan kontrak sewa yang akan segera berakhir. Namun, perusahaan belum memiliki alternatif lokasi yang sedang dipertimbangkan sehingga tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan lokasi gudang yang paling optimal menggunakan metode *center of gravity* sebagai usulan awal. Metodologi kuantitatif dengan jenis pendekatan deskriptif digunakan dalam penelitian ini, disertai dengan analisis statistik deskriptif dan *paired samples t-test*. Berdasarkan perhitungan pada 411 titik lokasi, hasil menunjukkan lokasi yang diusulkan berada di daerah Lambangjaya, Kecamatan Tambun Selatan, Kabupaten Bekasi. Terdapat peningkatan total jarak pengiriman apabila perusahaan menempatkan gudang utama ke lokasi yang diusulkan. Di sisi lain, terjadi penurunan jarak tempuh antara lokasi gudang yang diusulkan dan pabrik. Kondisi ini berpotensi mengurangi biaya transportasi *inbound* dan berkontribusi dalam menekan total biaya logistik secara keseluruhan. Namun demikian, mengetahui bahwa temuan lokasi dalam penelitian ini hanyalah usulan, diperlukan analisis yang lebih mendalam untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan opsi lokasi.

Kata kunci: Gudang, Pemilihan Lokasi, Metode Center of Gravity

ABSTRACT

The plan to relocate the main warehouse to another area is currently one of the company's key considerations. The underlying issues include the limited space of the existing warehouse, narrow road access that restricts large vehicles, and the lease contract that will expire soon. However, the company hasn't identified any alternative locations. Therefore, this study aims to determine the most optimal warehouse location using the center of gravity method as an initial proposal. A quantitative methodology with a descriptive approach was used in this research, followed by descriptive statistical analysis and paired samples t-test. Based on calculations from 411 location points, the proposed site is located in Lambangjaya, Tambun Selatan, Bekasi Regency. The results indicate an increase in total delivery distance if the company relocated the main warehouse to the proposed site. On the other hand, the travel distance between the proposed site and the factory becomes shorter. Hence, the inbound transportation cost might decrease and the overall logistics cost becomes more efficient. Nevertheless, since the proposed location is a preliminary finding, further analysis is required to assess the advantages and disadvantages of the option.

Key word: Warehouse, Site Selection, Center of Gravity Method

PENDAHULUAN

Keakuratan pemilihan lokasi merupakan salah satu faktor keberhasilan suatu perusahaan (Sofansyah et al., 2024). Pemilihan lokasi yang

tepat berperan besar dalam mendukung kelancaran distribusi, efisiensi biaya, serta keuntungan perusahaan secara keseluruhan (Heizer et al., 2017) sehingga dapat dikatakan

bahwa pemilihan lokasi yang tepat menjadi salah satu aspek krusial dalam upaya mencapai keberhasilan jangka panjang perusahaan. Tidak hanya itu, perusahaan berpeluang untuk mencapai keunggulan kompetitif karena kemampuannya dalam merespons permintaan pasar secara cepat dan melakukan distribusi yang lebih efektif (Quadir, 2024). Kemudian, kepuasan konsumen dapat meningkat karena adanya penyerahan produk yang cepat dan berkualitas (Soesilo et al., 2020). Terakhir, perusahaan mampu menyediakan produk berkualitas dengan harga kompetitif (Ulu, 2024) jika menempatkan fasilitas di lokasi yang strategis. Menurut Lukardi & Hamsal (2021), perusahaan yang gagal dalam memilih lokasi gudang yang tepat berisiko mengalami kesulitan dalam memenuhi ekspektasi konsumen dan menghadapi tantangan finansial apabila biaya operasional melebihi keuntungan yang diharapkan. Dengan demikian, pemilihan lokasi yang tepat menjadi salah satu aspek krusial dalam upaya mencapai keberhasilan jangka panjang perusahaan.

Dalam aktualisasinya, terdapat permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan terkait lokasi fasilitas, atau dalam hal ini merujuk pada gudang. Pertama, lokasi gudang yang jauh dari konsumen menyebabkan biaya transportasi yang tinggi sehingga kerap memengaruhi harga barang di suatu wilayah (Suryana & Patra, 2023). Kedua, lokasi gudang yang jauh dari konsumen akan berpengaruh terhadap ketepatan waktu pengiriman karena perusahaan membutuhkan waktu yang lebih lama dalam melakukan proses distribusi (Anansyah et al., 2024). Ketiga, lokasi gudang yang sudah tidak bisa lagi memenuhi kebutuhan perusahaan akan menghambat kegiatan operasional (Febryanto et al., 2023). Oleh karena itu, dibutuhkan keputusan strategis yang tepat dalam menentukan lokasi fasilitas agar perusahaan mampu mengantisipasi risiko serta menyelesaikan permasalahan yang ada. Sejumlah model dapat dimanfaatkan oleh perusahaan dalam mengambil keputusan strategis, khususnya untuk mengidentifikasi lokasi yang paling sesuai (Iqbal et al., 2023). Beberapa model yang dapat digunakan di antaranya adalah metode *center of gravity*, *location factor rating*, dan *load distance technique* (Russell et al., 2019). Beberapa model tersebut berfungsi sebagai dasar pengambilan

keputusan berbasis data sehingga pemilihan lokasi dapat dilakukan secara lebih objektif dan risiko kesalahan yang merugikan dapat diminimalkan.

Salah satu perusahaan brankas di Indonesia yang berlokasi di Jakarta merupakan perusahaan yang memproduksi produk keamanan, seperti brankas, lemari kabinet tahan api, kabinet penyimpanan, *mobile file*, dan pintu khasanah. Upaya perusahaan dalam menjangkau konsumen yang lebih luas mendorong mereka untuk membangun sistem penyimpanan yang lebih efektif. Hal ini dicapai dengan membangun jaringan logistik yang terdiri dari gudang utama dan gudang cabang. Gudang utama perusahaan berlokasi di Jakarta, sedangkan gudang cabang ditempatkan di empat titik yang berada di beberapa wilayah Indonesia, yaitu Surabaya, Medan, Palembang, dan Banjarmasin. *Stock transfer order* (STO) atau pemindahan stok barang dari gudang utama menuju gudang cabang dilakukan oleh perusahaan melalui pelabuhan Tanjung Priok untuk menjangkau konsumen di luar Pulau Jawa. Sementara itu, pengiriman barang kepada konsumen akhir yang berada di Pulau Jawa dikirim langsung dari gudang utama menggunakan jalur darat. Dalam hal ini, gudang utama juga berfungsi sebagai pusat penerimaan stok barang dari pabrik. Kondisi ini menjadikan gudang utama sebagai elemen penting dalam mendukung kelancaran operasional dan distribusi perusahaan secara keseluruhan.

Penyebaran lokasi gudang yang dilakukan oleh perusahaan ditujukan untuk mempersingkat rantai pasok ke konsumen sekaligus meminimalkan waktu pengiriman dan biaya transportasi. Estimasi waktu yang dibutuhkan untuk mengirim barang dari gudang utama ke wilayah Jawa, Bali, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi berkisar antara 2–14 hari. Perusahaan menetapkan batas keterlambatan pengiriman, yaitu 60 hari sejak tanggal pemesanan dilakukan untuk memastikan bahwa barang dapat dikirim dan sampai di tangan konsumen tepat waktu.

Perusahaan saat ini sedang mempertimbangkan untuk memindahkan gudang utama ke daerah lain. Hal ini disebabkan gudang utama yang digunakan saat ini dinilai sudah tidak mampu memenuhi kebutuhan operasional secara maksimal. Pertama, luas gudang dianggap kurang memadai karena

adanya peningkatan permintaan konsumen sehingga perusahaan mengalami kesulitan dalam mengelola penyimpanan barang di gudang. Perusahaan menyebutkan bahwa sejak tahun 2023 terjadi peningkatan jumlah proyek yang diterima. Hal ini menjadi salah satu alasan mengapa gudang utama yang saat ini digunakan dinilai tidak lagi memadai untuk menampung seluruh kebutuhan penyimpanan barang. Kedua, akses jalan menuju gudang dinilai terlalu sempit untuk dilalui truk berukuran besar, khususnya kontainer berukuran 40 kaki. Berdasarkan informasi yang diperoleh, pengiriman barang ke lokasi tujuan yang masih berada di dalam Pulau Jawa dilakukan setiap hari dengan menggunakan setidaknya tiga truk. Sementara itu, pengiriman ke luar Pulau Jawa dilakukan dua kali dalam seminggu menggunakan kontainer berukuran 40 kaki. Kemudian, kegiatan pemuatan dilakukan sebanyak 88 kali dengan pembongkaran sebanyak 22 kali dalam satu bulan. Hal ini menunjukkan bahwa akses jalan berperan penting dalam mendukung kelancaran kegiatan operasional. Terakhir, periode kontrak sewa yang akan segera berakhir di tahun 2026. Adapun dua permasalahan lain yang dihadapi oleh perusahaan, yaitu keterlambatan pengiriman dan biaya transportasi yang melebihi batas yang sudah ditetapkan sebesar 4%. Kelebihan biaya transportasi tersebut disebabkan oleh adanya pungutan biaya bongkar muat oleh organisasi kemasyarakatan, serta adanya kesalahan informasi terkait penempatan barang. Kendati kedua permasalahan tersebut tidak disebabkan oleh lokasi gudang utama saat ini, namun penempatan gudang di lokasi yang strategis dapat berkontribusi dalam mengurangi risiko dan meningkatkan efisiensi operasional.

Permasalahan-permasalahan di atas mendorong perusahaan untuk mencari gudang yang lebih memadai dan berlokasi strategis guna mendukung kelancaran kegiatan operasional. Namun demikian, hingga saat ini perusahaan belum memiliki alternatif lokasi yang sedang dipertimbangkan sehingga dibutuhkan pendekatan berbasis data yang dapat membantu perusahaan dalam mengambil keputusan.

Çetinkaya & Akdaş (2022) berpendapat bahwa lokasi gudang memiliki dampak jangka panjang terhadap perusahaan, baik dalam hal investasi, biaya operasional, strategi distribusi perusahaan, maupun tingkat layanan yang diberikan kepada pelanggan. Oleh karena itu,

pendekatan pemilihan lokasi berbasis data sangat penting untuk diterapkan sebelum pengambilan keputusan karena kesalahan dalam pemilihan lokasi akan sulit untuk diperbaiki (Stevenson, 2021) dan akan mengakibatkan kerugian besar bagi perusahaan (Singh et al., 2018).

Penelitian ini merekomendasikan penggunaan metode *center of gravity* dalam proses pemilihan lokasi gudang utama. Metode ini memungkinkan perusahaan untuk memperoleh gambaran awal lokasi gudang yang berada di titik tengah antara lokasi produksi dan konsumsi (Stopka et al., 2023) sehingga relevan untuk digunakan karena sampai saat ini perusahaan belum memiliki alternatif lokasi yang sedang dipertimbangkan. Hasil penelitian Soesilo et al. (2020) menunjukkan penggunaan metode ini mampu menghasilkan lokasi gudang yang berada di posisi tengah dari sejumlah konsumen dengan total volume pengiriman tertinggi yang kemudian memungkinkan perusahaan untuk menurunkan total jarak tempuh, disertai dengan peningkatan efisiensi biaya transportasi. Penggunaan metode *center of gravity* untuk mengidentifikasi dan menentukan lokasi fasilitas yang paling sesuai dan optimal secara geografis juga dilakukan oleh Musa (2025). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa lokasi usulan yang diperoleh mampu menurunkan biaya logistik secara signifikan dan meningkatkan efisiensi rantai pasok. Penelitian ini juga menyoroti efektivitas penerapan teknik kuantitatif dalam pengambilan keputusan lokasi.

Berdasarkan hasil penelusuran literatur yang tersedia, belum ditemukan penelitian terdahulu yang secara khusus menggunakan metode *center of gravity* dalam pemilihan lokasi gudang dengan menjadikan perusahaan yang diteliti sebagai objek penelitian. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk: (a) menentukan lokasi gudang utama yang paling optimal dengan menggunakan metode *center of gravity* yang dapat dijadikan sebagai dasar pertimbangan salah satu perusahaan brankas yang berlokasi di Jakarta, serta (b) mengisi *research gap* yang ditemukan dalam kajian pemilihan lokasi gudang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metodologi kuantitatif dengan jenis pendekatan deskriptif. Sembiring et al. (2024) mendefinisikan

penelitian deskriptif sebagai penelitian yang dilakukan terhadap variabel mandiri dan cenderung tidak mencari keterhubungan dengan variabel lain. Hal ini sejalan dengan tujuan penelitian yang dilakukan, yaitu untuk menentukan lokasi baru untuk gudang utama berdasarkan data numerik dan tidak ditujukan untuk mencari keterkaitan antar variabel.

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersifat primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui kegiatan wawancara langsung dengan koordinator *supply chain* perusahaan dengan tujuan memperoleh informasi terkait metode pemilihan lokasi yang digunakan dan permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan. Adapun data primer lainnya yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu posisi geografis pabrik dan konsumen yang menjadi tujuan pengiriman dan jarak garis lurus antara gudang dengan konsumen dan pabrik yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung dengan fitur Google Maps. Kemudian, data sekunder dalam penelitian ini adalah dokumen perusahaan yang berisi data lokasi pabrik dan konsumen yang menjadi tujuan pengiriman, serta bobot pengiriman tahunan pada periode tertentu.

Populasi dalam penelitian ini adalah data pengambilan barang dari pabrik dan pengiriman barang ke konsumen dari gudang utama pada tahun 2022–2025. Pemilihan populasi ini didasari oleh fakta bahwa perusahaan baru menempati gudang utama yang berlokasi di Jatinegara Kaum, Kecamatan Pulo Gadung, Jakarta timur sejak tahun 2022. Kemudian, dalam pengambilan sampel digunakan teknik *purposive sampling*. Sampel dalam penelitian ini adalah data periode tahun 2023 yang didasarkan pada pertimbangan bahwa tahun tersebut memiliki total pengambilan dan pengiriman unit yang paling tinggi dibandingkan periode lainnya, yaitu sebanyak 7793 unit, sehingga dinilai paling representatif untuk dianalisis menggunakan metode *center of gravity*.

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi studi kepustakaan, observasi, dan wawancara. Pertama, studi kepustakaan dilakukan dengan menelaah buku dan artikel ilmiah terdahulu untuk memperoleh teori dan informasi relevan yang dapat mendukung penyusunan penelitian. Kedua, kegiatan observasi dilakukan untuk mengetahui lebih dalam mengenai kondisi

faktual gudang utama saat ini. Ketiga, kegiatan wawancara dilakukan dengan koordinator *supply chain* perusahaan untuk memperoleh informasi relevan, khususnya terkait metode pemilihan lokasi yang digunakan oleh perusahaan dan permasalahan yang sedang dihadapi.

Pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan metode *center of gravity*. Sebagaimana dikemukakan oleh Russell et al. (2019), metode ini digunakan untuk menentukan lokasi fasilitas di pusat pergerakan dalam suatu area geografis berdasarkan bobot pengiriman tahunan dan jarak pengiriman. Bobot pengiriman tahunan berperan sebagai pembobot utama dalam perhitungan. Dalam hal ini, bobot pengiriman tahunan adalah jumlah unit barang yang diambil dari pabrik dan dikirim ke konsumen pada periode tertentu. Jarak yang digunakan dalam perhitungan adalah jarak garis lurus dalam satuan kilometer. Metode *center of gravity* dirumuskan sebagai berikut:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Dengan keterangan:

- x : Titik koordinat fasilitas baru pada sumbu x
- y : Titik koordinat fasilitas baru pada sumbu y
- x_i : Titik koordinat lokasi i pada sumbu x
- y_i : Titik koordinat lokasi i pada sumbu y
- W_i : Bobot pengiriman tahunan

Adapun beberapa tahapan yang harus dilakukan dalam menggunakan rumus *center of gravity* agar dapat menemukan lokasi fasilitas yang optimal, yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan titik koordinat geografis (lintang dan bujur) dari masing-masing lokasi tujuan.
2. Menentukan jumlah unit yang dikirim ke masing-masing lokasi tujuan dalam kurun waktu satu tahun.
3. Menjumlahkan seluruh hasil perhitungan dari (koordinat lintang atau bujur lokasi i) x (bobot pengiriman lokasi i) dan dibagi dengan total bobot pengiriman seluruh lokasi.
4. Memperoleh koordinat baru dari hasil perhitungan akhir. Koordinat ini

menjadi usulan lokasi baru yang optimal secara geografis.

Terdapat dua teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini. Pertama adalah analisis statistik deskriptif. Wiswasta et al. (2017) menyebutkan data yang dikumpulkan pada teknik analisis ini semata-mata bersifat deskriptif dan tidak ditujukan untuk menjelaskan hubungan antar variabel. Kedua, *paired samples t-test* digunakan untuk membandingkan dua kondisi atau perlakuan yang dikenakan pada subjek yang sama atau memiliki kemiripan (Johnson & Bhattacharyya, 2019). Dengan demikian, analisis ini digunakan untuk membandingkan metode pemilihan lokasi yang digunakan oleh perusahaan dengan metode yang digunakan dalam penelitian ini. Melalui perbandingan kedua metode tersebut, dapat diketahui apakah terdapat perbedaan rata-rata yang signifikan dalam segi jarak pengiriman antara lokasi gudang utama saat ini dengan lokasi yang diusulkan. Hasil statistik yang diperoleh kemudian digunakan untuk menguji hipotesis yang diajukan dan menarik kesimpulan berdasarkan data yang dianalisis. Hipotesis dirumuskan sebagai berikut:

1. $H_0: \mu_D = 0$ dengan arti bahwa tidak ada perbedaan rata-rata jarak antara lokasi gudang utama saat ini dan lokasi yang diusulkan setelah menggunakan metode *center of gravity*.
2. $H_1: \mu_D \neq 0$ dengan arti bahwa terdapat perbedaan rata-rata jarak antara lokasi gudang utama saat ini dan lokasi yang diusulkan setelah menggunakan metode *center of gravity*.

Lebih lanjut, uji validitas instrumen tidak dilakukan dalam penelitian ini karena data yang digunakan pada *paired samples t-test* bukan merupakan hasil pengukuran konstruk, melainkan data faktual berupa jarak pengiriman yang diperoleh dari alat ukur yang bersifat objektif, yaitu fitur pengukuran jarak garis lurus pada Google Maps. Menurut Creswell & Creswell (2023), uji validitas diperlukan apabila penelitian menggunakan instrumen pengukuran yang bertujuan menilai suatu konstruk yang tidak dapat diukur secara langsung. Instrumen yang dimaksud adalah alat pengumpulan data seperti kuesioner, skala, atau tes. Oleh karena itu, data dapat digunakan tanpa melalui proses uji validitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagai perusahaan yang menawarkan produk keamanan kepada konsumen, perusahaan senantiasa berupaya agar produk yang ditawarkan dapat menjangkau konsumen di seluruh Indonesia. Untuk dapat mencapai hal tersebut, perusahaan membangun jaringan logistik yang terdiri dari gudang utama dan gudang cabang. Saat ini, perusahaan memiliki gudang di lima titik lokasi yang tersebar di Indonesia, yaitu Jakarta, Surabaya, Medan, Palembang, dan Banjarmasin. Gudang yang berlokasi di Jakarta berperan sebagai gudang utama dimana kegiatan penerimaan dari pabrik dan pengiriman barang ke gudang cabang dan konsumen yang berlokasi di Pulau Jawa berlangsung. Secara umum, pengiriman dari gudang utama mencakup seluruh wilayah Kota Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Banten, dan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Sebaran konsumen yang luas mencerminkan besarnya cakupan distribusi perusahaan. Oleh karena itu, keberadaan gudang yang optimal menjadi hal penting karena akan berpengaruh terhadap efektivitas dan efisiensi operasional perusahaan.

Gambar 1. Cakupan Wilayah Pengiriman dari Gudang Utama



Sumber: Diolah Peneliti (2025)

Berdasarkan informasi yang diperoleh, perusahaan belum menggunakan metode perhitungan kuantitatif dalam penentuan lokasi gudang. Pengambilan keputusan dalam penentuan lokasi gudang hanya didasari oleh pertimbangan yang ditentukan oleh perusahaan, yaitu mencakup biaya sewa, ketersediaan luas bangunan yang dapat mendukung kegiatan operasional, dan akses untuk bongkar muat barang. Secara khusus, bangunan gudang setidaknya memiliki luas 500 m² dengan harga sewa Rp38.000/ m² per bulan. Kedua, terdapat area untuk menerima kendaraan logistik berukuran besar, seperti Fuso Wingbox dan

kontainer berukuran 40 kaki. Ketiga, adanya jalur *loading dock* untuk memperlancar proses bongkar muat barang. Terakhir, ketersediaan fasilitas pendukung seperti area istirahat untuk staf logistik.

Hal di atas mencerminkan bahwa pengambilan keputusan oleh perusahaan hanya didasarkan pada pertimbangan kualitatif, tanpa didukung oleh analisis kuantitatif untuk menentukan lokasi yang paling optimal. Pemilihan lokasi gudang pada dasarnya memerlukan penilaian terhadap berbagai kriteria yang mencakup data kualitatif dan kuantitatif (Richards, 2018). Dengan demikian, meskipun perusahaan sudah menjadikan berbagai faktor penting sebagai dasar dalam pemilihan lokasi, penggunaan metode kuantitatif dapat digunakan untuk dapat memberikan analisis dasar yang lebih kuat dalam menentukan lokasi gudang yang lebih efisien secara logistik.

Dalam penelitian ini, metode pemilihan lokasi dari Russell et al. (2019), yaitu *center of gravity* digunakan untuk mendapatkan lokasi yang strategis secara geografis sehingga dapat dijadikan sebagai rekomendasi awal bagi perusahaan. Metode ini dianggap sesuai mengingat perusahaan belum memiliki alternatif lokasi yang dipertimbangkan sehingga pendekatan berbasis data diperlukan untuk memperoleh estimasi awal lokasi gudang yang optimal. Data yang digunakan untuk perhitungan ini meliputi koordinat lintang dan bujur, serta jumlah unit barang yang dikirim ke setiap konsumen pada tahun 2023. Selain titik konsumen, lokasi pabrik juga digunakan sebagai acuan tambahan dalam proses penentuan lokasi. Langkah ini diharapkan dapat menghasilkan lokasi gudang baru yang tidak hanya optimal secara geografis, tetapi juga mampu menekan total biaya transportasi *inbound*. Biaya transportasi *inbound* adalah biaya yang dikeluarkan untuk membawa material atau barang masuk ke dalam fasilitas (Chopra, 2019).

Tahapan pertama dalam metode ini adalah mengidentifikasi lokasi pabrik dan lokasi tujuan pengiriman, yang kemudian dilanjutkan dengan pengambilan koordinat dari setiap titik. Pengambilan koordinat yang mencakup bujur (X_i) dan lintang (Y_i) diperoleh menggunakan bantuan aplikasi Google Maps, dengan menerapkan prosedur yang sama untuk memastikan konsistensi dan menghindari

kesalahan penarikan data akibat perbedaan perlakuan.

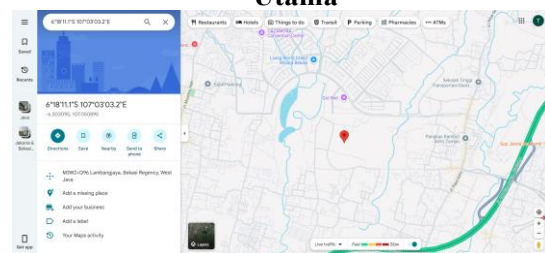
Setelah memperoleh titik koordinat dari setiap lokasi, tahap selanjutnya adalah memasukkan data tersebut ke dalam rumus metode *center of gravity*. Jumlah data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 411 titik lokasi. Koordinat bujur dari setiap titik lokasi dikalikan dengan jumlah unit barang yang dikirim untuk menghasilkan nilai X_iW_i . Cara yang sama juga dilakukan untuk koordinat lintang dimana setiap koordinat dikalikan dengan jumlah unit barang untuk menghasilkan nilai Y_iW_i . Hasil perhitungan antara koordinat bujur dan lintang dengan jumlah unit barang adalah bersifat sementara dan akan digunakan untuk membantu proses penentuan lokasi. Kemudian, nilai X_iW_i dan Y_iW_i masing-masing dijumlahkan untuk memperoleh nilai $\sum X_iW_i$ dan $\sum Y_iW_i$. Hasil penjumlahan tersebut kemudian dibagi dengan total bobot pengiriman ($\sum W_i$) untuk menghasilkan titik koordinat lokasi baru yang optimal. Berikut adalah hasil perhitungan menggunakan metode *center of gravity*:

$$x = \frac{-49120.01517}{7793} = -6.303095451$$

$$y = \frac{834247.6491}{7793} = 107.050895$$

Berdasarkan hasil di atas, diperoleh titik koordinat baru, yaitu titik koordinat bujur (x) = -6.303095451 dan lintang (y) = 107.050885. Kemudian, untuk mengetahui letak lokasi yang diusulkan, aplikasi Google Maps digunakan dalam tahap ini. Hasil menunjukkan usulan lokasi untuk gudang utama perusahaan berada di daerah Lambangjaya, Kecamatan Tambun Selatan, Kabupaten Bekasi.

Gambar 2. Usulan Lokasi untuk Gudang Utama



Sumber: Google Maps (2025)

Setelah menemukan lokasi fasilitas baru, dilakukan identifikasi menggunakan analisis sensitivitas lokasi yang didasarkan pada perbedaan jarak pengiriman yang diperoleh antara lokasi gudang utama saat ini dan lokasi usulan. Langkah ini ditujukan untuk memahami potensi perubahan yang terjadi apabila perusahaan memindahkan gudang utama ke lokasi yang diusulkan, yaitu daerah Lembangjaya, Kecamatan Tambun Selatan, Kabupaten Bekasi.

Analisis ini dilakukan dengan membandingkan metode pemilihan lokasi yang diterapkan oleh perusahaan dan metode *center of gravity*, yang ditinjau dari aspek jarak pengiriman antara lokasi gudang utama saat ini dan lokasi yang diusulkan. Langkah ini dilakukan untuk memberikan dasar evaluasi yang objektif, mengingat metode pemilihan lokasi yang digunakan oleh perusahaan bersifat kualitatif dan hanya mempertimbangkan faktor non-spasial. Sebaliknya, metode *center of gravity* merupakan pendekatan kuantitatif yang menekankan pada bobot pengiriman tahunan dan jarak pengiriman. Oleh karena itu, perbedaan jarak pengiriman antara lokasi gudang utama saat ini dan lokasi hasil perhitungan *center of gravity* dianalisis untuk mengetahui apakah lokasi yang diusulkan memberikan posisi yang lebih strategis secara geografis.

Pengumpulan data jarak pengiriman pada tahapan ini dilakukan dengan memanfaatkan fitur pada aplikasi Google Maps untuk mengetahui jarak garis lurus antara setiap titik lokasi. Russell et al. (2019) dan Zhang et al. (2021) menyebutkan jarak yang digunakan pada metode *center of gravity* adalah jarak garis lurus. Terdapat 411 titik lokasi yang diukur dalam perhitungan ini. Tabel 1. menunjukkan hasil perhitungan jarak pengiriman secara sederhana.

Tabel 1. Perbandingan Jarak Pengiriman

Total Jarak Pengiriman (dalam satuan km)	
Lokasi Eksisting	18692.9
Lokasi Usulan	20084.47

Sumber: Diolah Peneliti (2025)

Berdasarkan hasil di atas, diketahui bahwa terjadi peningkatan total jarak pengiriman sebesar 1.391,57 km apabila perusahaan memindahkan gudang utama ke

lokasi yang diusulkan. Kondisi ini disebabkan oleh pergeseran lokasi gudang yang menjauhi titik konsumen yang mayoritas berlokasi di daerah Kota Jakarta, Kota Tangerang, Tangerang Selatan, Kab. Tangerang, Depok, dan sekitarnya. Hal ini menunjukkan bahwa dalam konteks pengiriman ke konsumen, lokasi yang diusulkan tidak lebih efisien jika dilihat dari segi jarak. Kondisi serupa ditemukan dalam penelitian Agianto et al. (2022) yang menunjukkan adanya peningkatan total jarak tempuh apabila gudang eksternal baru ditempatkan di satu titik lokasi yang diusulkan. Meskipun demikian, hasil perhitungan menggunakan metode *center of gravity* dan perhitungan jarak pada penelitian ini menunjukkan bahwa lokasi yang diusulkan mampu memperpendek jarak antara gudang dengan pabrik, yang semula berjarak 23 km hanya menjadi 3,48 km. Hal ini disebabkan pabrik memiliki bobot yang lebih tinggi dibandingkan titik lainnya, yaitu 4.146 unit sehingga lokasi gudang cenderung bergeser mendekati lokasi pabrik.

Temuan tersebut menimbulkan asumsi bahwa lokasi yang diusulkan tidak lebih efisien dibandingkan sebelumnya karena adanya peningkatan total jarak tempuh. Namun, tingkat efisiensi lokasi gudang tidak dapat hanya bergantung pada total jarak pengiriman kepada konsumen. Diperlukan peninjauan lebih mendalam dengan mempertimbangkan arah pergeseran lokasi gudang dan dampaknya terhadap efisiensi operasional secara strategis, khususnya dalam konteks kedekatan dengan pabrik serta potensi penghematan biaya transportasi *inbound*. Singh et al. (2018) berpendapat bahwa gudang perlu ditempatkan di lokasi optimal yang dapat mendukung kelancaran aliran material antara gudang dan pabrik. Kendati dalam pembahasannya difokuskan pada pengiriman komponen produksi ke pabrik, pernyataan tersebut menunjukkan adanya keterkaitan spasial antara lokasi pabrik dan gudang, yang juga relevan dalam mendukung aktivitas *upstream* dan *downstream* dalam rantai pasok. Heizer et al. (2017) juga berpendapat bahwa lokasi fasilitas sebaiknya disesuaikan dengan lokasi *supplier*, dalam hal ini adalah pabrik, guna membantu perusahaan dalam menjaga kualitas dan menekan biaya transportasi.

Tahapan selanjutnya adalah membandingkan dua kondisi yang dikenakan pada subjek yang sama menggunakan *paired samples t-test*. Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata total jarak pengiriman dari gudang utama saat ini dengan lokasi yang diusulkan. Data yang digunakan dalam pengujian ini adalah seluruh jarak pengiriman yang sudah dikumpulkan pada tahap sebelumnya. Terdapat 411 titik lokasi yang digunakan dalam uji ini untuk mengetahui jarak pengiriman dari masing-masing titik ke lokasi gudang saat ini maupun lokasi yang diusulkan. Data jarak pengiriman pada lokasi usulan diperoleh melalui perhitungan menggunakan fitur pengukuran jarak garis lurus pada Google Maps antara 411 titik lokasi tersebut dan lokasi usulan, yang koordinatnya telah diperoleh dari hasil perhitungan *center of gravity*.

Perhitungan menggunakan *paired samples t-test* diawali dengan menghitung rata-rata total jarak pengiriman dari masing-masing lokasi, yaitu lokasi gudang saat ini dan lokasi yang diusulkan. Perhitungan rata-rata dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat penurunan atau peningkatan total jarak pengiriman secara statistik. Berikut disajikan Tabel 2. yang menunjukkan hasil perhitungan menggunakan SPSS.

Tabel 2. Rata-rata Total Jarak Pengiriman

	Mean	N
Lokasi Eksisting	45.4815	411
Lokasi Usulan	48.8673	411

Sumber: Diolah Peneliti (2025)

Tabel 2. menunjukkan adanya peningkatan rata-rata jarak pengiriman sebesar 3,4 km apabila perusahaan memindahkan gudang utama ke lokasi yang diusulkan. Jika dianalisis lebih mendalam, peningkatan ini disebabkan oleh karakteristik metode *center of gravity* yang menjadikan bobot pengiriman sebagai faktor utama dalam menentukan lokasi yang optimal (Russell et al., 2019). Metode ini cenderung menghasilkan lokasi yang berdekatan dengan titik yang memiliki bobot pengiriman tertinggi karena adanya pengaruh yang lebih besar dalam perhitungan. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian yang menunjukkan bahwa lokasi yang diusulkan berada lebih dekat dengan pabrik. Pabrik menjadi salah satu tujuan dengan

bobot pengiriman tertinggi dibandingkan titik lainnya, yaitu sebanyak 4.146 unit pada tahun 2023. Kendati rata-rata total jarak pengiriman ke konsumen meningkat, lokasi yang diusulkan berpotensi mengurangi biaya transportasi *inbound* yang ditanggung oleh perusahaan, yaitu dengan meminimalkan jarak pengambilan barang dari pabrik. Hal ini didukung oleh pendapat Heizer et al. (2017) dan Schroeder & Goldstein (2018) yang menyatakan bahwa biaya berbanding lurus dengan jarak yang ditempuh dan volume barang yang dikirim.

Kemudian, dilakukan uji hipotesis menggunakan *paired samples t-test* dengan $df = 410$ dan taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$). Apabila hasil pengujian menunjukkan $|t \text{ hitung}| > t \text{ tabel}$ (1,966) maka H_1 diterima, begitu pula sebaliknya, jika hasil menunjukkan $|t \text{ hitung}| < t \text{ tabel}$ (1,966) maka H_1 ditolak dan H_0 diterima. Berikut merupakan hasil dari pengujian hipotesis menggunakan SPSS.

Tabel 3. Hasil Uji Hipotesis

	t	df	Sig. (2-tailed)
Lokasi Eksisting – Lokasi Usulan	-4.431	410	.000

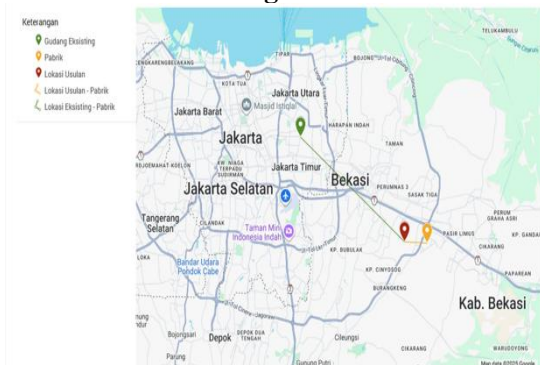
Sumber: Diolah Peneliti (2025)

Melalui Tabel 3. diketahui bahwa nilai $|t \text{ hitung}|$ yang diperoleh adalah sebesar -4.431 dan nilai signifikansi (*sig. 2 tailed*) sebesar 0,000. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa H_1 diterima karena nilai signifikansi ($0,000 < \text{taraf signifikansi } (0,05)$ dan nilai $|t \text{ hitung}| (-4,431) > t \text{ tabel } (1,966)$). Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara rata-rata jarak pengiriman dari lokasi gudang utama saat ini dan lokasi baru yang diusulkan.

Metode *center of gravity* pada dasarnya tidak hanya ditujukan untuk menentukan lokasi fasilitas dengan jarak pengiriman terpendek secara keseluruhan, melainkan untuk menentukan titik yang paling seimbang atau berada di pusat pergerakan berdasarkan bobot pengiriman tahunan dan jarak pengiriman (Russell et al., 2019). Dengan kata lain, titik lokasi baru yang dihasilkan oleh metode tersebut cenderung akan berada di dekat titik dengan bobot pengiriman tertinggi. Pendapat ini sesuai dengan hasil penelitian yang diperoleh. Terdapat pergeseran lokasi gudang ke arah timur

mendekati lokasi pabrik yang terletak di Gandamekar, Kabupaten Bekasi. Pergeseran ini disebabkan karena aktivitas *inbound* logistik memiliki bobot pengiriman yang signifikan, yaitu 4.146 unit pada tahun 2023. Dengan demikian, lokasi yang diusulkan dianggap lebih strategis secara geografis untuk aktivitas *inbound* logistik, terutama karena proses pengambilan barang dari pabrik menimbulkan biaya signifikan.

Gambar 3. Arah Pergeseran Lokasi Gudang



Sumber: Diolah Peneliti (2025)

Selain jarak pengiriman, aspek lain yang dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi adalah biaya transportasi. Walaupun dalam penelitian ini biaya transportasi tidak dihitung dan dibandingkan, peningkatan atau penurunan biaya transportasi dapat diasumsikan dengan merujuk pada teori para ahli, disertai hasil analisis yang dilakukan pada tahap sebelumnya. Heizer et al. (2017) dan Schroeder & Goldstein (2018) menyatakan bahwa biaya berbanding lurus dengan jarak yang ditempuh sehingga dapat diartikan bahwa biaya transportasi akan berkurang jika jarak pengiriman yang ditempuh menurun.

Berdasarkan hasil perhitungan pada tahap sebelumnya, diketahui terjadi kenaikan total jarak pengiriman sebesar 7,44% menjadi 20.084,47 km. Jika merujuk pada teori Heizer et al. (2017) dan Schroeder & Goldstein (2018), dapat diasumsikan bahwa biaya transportasi yang dikeluarkan oleh perusahaan akan semakin meningkat. Namun, perlu diperhatikan bahwa kondisi ini juga disertai dengan pergeseran lokasi gudang utama yang diusulkan menjadi lebih dekat dengan pabrik, dibuktikan dengan penurunan jarak pengiriman sebesar 19,52 km menjadi 3,48 km. Kondisi ini berpotensi menurunkan biaya transportasi *inbound* dan

secara tidak langsung memberikan kontribusi pada penurunan total biaya logistik perusahaan. Chopra (2019) menyebutkan bahwa total biaya logistik adalah gabungan dari biaya persediaan, transportasi, dan fasilitas. Dengan demikian, peningkatan efisiensi pada salah satu komponen berpotensi mendukung penurunan total biaya logistik secara keseluruhan.

Kedekatan gudang dengan *supplier*, atau dalam hal ini adalah pabrik, merupakan faktor penting yang dapat membantu perusahaan dalam menekan biaya transportasi (Heizer et al., 2017). Kendati temuan penelitian ini sejalan dengan prinsip tersebut, tetap dibutuhkan pertimbangan lain dalam proses pengambilan keputusan lokasi. Faktor lain seperti kebijakan atau regulasi pemerintah yang berlaku di daerah tersebut, aksesibilitas terhadap jaringan transportasi utama, kedekatan dengan pasar, arah distribusi konsumen, serta perhitungan biaya operasional secara menyeluruh dapat dikaji lebih lanjut guna memastikan keberlangsungan dan keuntungan jangka panjang perusahaan. Almetova et al. (dalam Soesilo et al., 2020) menyebutkan perusahaan dapat mencapai biaya transportasi yang optimum apabila lokasi fasilitas dipilih secara tepat.

Zhang et al. (2021) menyebutkan metode *center of gravity* tidak mempertimbangkan jarak yang sebenarnya sehingga berpotensi mengalami perhitungan yang tidak akurat dalam penentuan fasilitas skala besar dan tidak mempertimbangkan faktor-faktor non spasial yang memengaruhi keputusan lokasi. Oleh karena itu, lokasi yang dihasilkan melalui metode *center of gravity* pada penelitian ini hanya berperan sebagai rekomendasi awal untuk perusahaan. Diperlukan analisis lebih mendalam untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan dari masing-masing opsi lokasi, serta pengaruhnya terhadap biaya operasional perusahaan secara keseluruhan.

SIMPULAN

Permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan terkait gudang utama mendorong mereka untuk mempertimbangkan pemindahan gudang ke wilayah lain. Metode pemilihan lokasi *center of gravity* digunakan dalam penelitian ini karena perusahaan belum memiliki alternatif lokasi gudang yang sedang dipertimbangkan sehingga penggunaan metode

ini diharapkan dapat menghasilkan usulan lokasi yang optimal. Hasil perhitungan menunjukkan titik lokasi baru untuk gudang utama terletak di daerah Lambangjaya, Kecamatan Tambun Selatan, Kabupaten Bekasi dengan titik koordinat bujur (x) = -6.303095451 dan koordinat lintang (y) = 107.050885.

Hasil membandingkan metode pemilihan lokasi yang digunakan perusahaan dengan metode *center of gravity* menunjukkan bahwa terdapat peningkatan total jarak pengiriman secara keseluruhan apabila perusahaan memindahkan gudang ke lokasi yang diusulkan. Total jarak pengiriman barang kepada konsumen akan lebih tinggi jika dibandingkan dengan lokasi gudang utama saat ini sehingga berpotensi meningkatkan biaya transportasi *outbound*. Namun demikian, lokasi yang diusulkan berada lebih dekat dengan pabrik sehingga berpotensi menekan biaya transportasi *inbound* dan berkontribusi dalam mencapai efisiensi total biaya logistik. Oleh karena itu, diperlukan kajian lebih mendalam terhadap faktor lainnya dalam proses pengambilan keputusan lokasi, mengingat bahwa hasil dari penelitian ini hanya merupakan rekomendasi awal yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan oleh perusahaan.

Implikasi praktis dari penelitian ini adalah hasil temuan dapat dimanfaatkan oleh perusahaan sebagai dasar atau pertimbangan awal dalam menentukan lokasi fasilitas baru yang optimal. Apabila lokasi yang diusulkan tidak sepenuhnya sesuai dengan kebutuhan operasional, perusahaan tetap dapat menerapkan metode *center of gravity* maupun pendekatan kuantitatif lainnya pada pemilihan lokasi di masa mendatang dengan menyesuaikan jenis data yang digunakan. Mengingat hasil temuan penelitian menunjukkan adanya peningkatan jarak pengiriman apabila gudang utama dipindahkan ke lokasi yang diusulkan, perusahaan perlu melakukan analisis lanjutan terkait beban operasional serta mempertimbangkan kembali faktor-faktor lain sebelum mengambil keputusan. Adapun implikasi akademis dari penelitian ini, yaitu mampu memperkuat literatur mengenai penggunaan metode *center of gravity* sebagai pendekatan kuantitatif awal dalam pemilihan lokasi gudang. Temuan penelitian ini juga mendukung pandangan para ahli bahwa lokasi fasilitas yang dihasilkan melalui metode *center*

of gravity cenderung berada di dekat titik dengan bobot pengiriman tertinggi. Namun demikian, dalam aktualisasinya tetap diperlukan analisis lanjutan, baik dari sisi biaya maupun faktor non-spasial lainnya, guna memastikan bahwa keputusan yang diambil terkait lokasi fasilitas sudah tepat.

Bagi penelitian selanjutnya, pengelompokan konsumen berdasarkan wilayah pengiriman dapat dipertimbangkan. Pendekatan ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah penempatan gudang pada beberapa titik lokasi dapat memberikan efektivitas dan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan hanya menempatkan gudang di satu lokasi tanpa fasilitas pendukung. Selain itu, analisis biaya transportasi yang lebih mendalam dapat dilakukan agar potensi efisiensi biaya operasional dapat diukur secara lebih komprehensif. Terakhir, peneliti selanjutnya dapat menambahkan penggunaan metode lain, seperti *Analytical Hierarchy Process* (AHP) atau *factor rating* dalam proses pemilihan lokasi sehingga berbagai kriteria dapat dipertimbangkan dengan lebih terstruktur dan jelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Agianto, K. F., Yanto, M., & Fauzi, M. (2022). Usulan Penentuan Lokasi Gudang Eksternal Produk Farmasi Menggunakan Metode Center of Gravity Di Jawa Barat. *Jurnal Bayesian : Jurnal Ilmiah Statistika dan Ekonometrika*, 2(1), 47–60. <https://doi.org/10.46306/bay.v2i1.28>
- Anansyah, M. D. A., Hindratmo, A., Octavia, C. W., & Dewi, F. G. (2024). Optimasi Biaya Transportasi Logistik Dan Penentuan Lokasi Gudang Baru Menggunakan Metode Center Of Gravity (COG). *Journal of System Engineering and Technological Innovation (JISTI)*, 3(01), 205–214. <https://doi.org/10.38156/jisti.v3i01.73>
- Çetinkaya, V., & Akdaş, O. (2022). Measuring The Importance Of Warehouse Location Selection Criteria Using Best-Worst Method. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 14(2), 291–305. <https://doi.org/10.18613/deudfd.1035664>
- Chopra, S. (2019). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation* (7 ed.). Pearson Education Limited.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023).

- Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (6 ed.). SAGE.
- Febryanto, I. D., Berlianto, R., & Prihono, P. (2023). Application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) Method in Selecting Warehouse Locations for Onlineshop Goods Storage (Case Study: Expedited Shipment of Finished Goods). *PROZIMA (Productivity, Optimization and Manufacturing System Engineering)*, 6(2), 120–129.
<https://doi.org/10.21070/prozima.v6i2.1578>
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management* (12 ed.). Pearson Education.
- Iqbal, M. J., Paul, I. K., Rahman, B. A., Doula, A. U., Roy, S. C., Ahammed, M. S., & Hasan, M. M. (2023). Determination of Realistic Facility Location in Bangladesh by using Center of Gravity Method. *European Journal of Engineering and Technology Research*, 8(2), 83–92.
<https://doi.org/10.24018/ejeng.2023.8.2.3007>
- Johnson, R. A., & Bhattacharyya, G. K. (2019). *Statistics: Principles and Methods* (8 ed.). Wiley.
- Lukardi, C., & Hamsal, M. (2021). Warehouse selection using center-of-gravity method in minimizing transportation cost. In S. Noviaristanti (Ed.), *Contemporary Research on Business and Management* (1 ed., hal. 1–5). CRC Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781003035985>
- Musa, A. I. (2025). Optimal location selection for a new processing plant using supply chain and distribution network analysis. *Journal Industrial Servicess*, 11(1), 0–5.
- Quadir, M. (2024). Enhancing Business Operations through Strategic Warehouse Location: Methodologies and Implications for Supply Chain Efficiency. *REST Journal on Banking, Accounting and Business*, 3(4), 49–55.
<https://doi.org/10.46632/jbab/3/4/8>
- Richards, G. (2018). *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse* (3 ed.). Kogan Page.
- Russell, R. S., Taylor, B. W., Bayley, T., & Castillo, I. (2019). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain* (2 ed.). Wiley.
- Schroeder, R., & Goldstein, S. M. (2018). *Operations Management in the Supply Chain* (7 ed.). McGraw Hill Education.
- Sembiring, T. B., Irmawati, Sabir, M., & Tjahyadi, I. (2024). *Buku Ajar Metodologi Penelitian (Teori dan Praktik)* (1 ed.). Saba Jaya Publisher.
- Singh, R. K., Chaudhary, N., & Saxena, N. (2018). Selection of warehouse location for a global supply chain: A case study. *IIMB Management Review*, 30(4), 343–356.
<https://doi.org/10.1016/j.iimb.2018.08.009>
- Soesilo, R., Firmansyah, Y., & Sartono. (2020). Penentuan Lokasi External Warehouse dengan Menggunakan Metode Center Of Gravity (Studi Kasus di PT RPZ Surabaya). *Jurnal Manajemen Industri dan Logistik*, 04(01), 58–66.
- Sofansyah, M. F., Subchan, H. A., Firmansyah, M. D., & Sulton, A. (2024). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Lokasi Pabrik PT . Obifood Menggunakan Metode Factor Rating. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan IV*, 4(1), 1–6.
- Stevenson, W. J. (2021). *Operations Management* (14 ed.). McGraw Hill.
- Stopka, O., Lupták, V., Poliak, M., & Stopková, M. (2023). Optimization Of Collection Routes Using The Centre Of Gravity Method: A Case Study. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 121, 241–256.
<https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.121.15>
- Suryana, H., & Patra, O. (2023). Analisis Perencanaan Lokasi Gudang untuk Meminimasi Biaya Distribusi. *Jurnal Media Teknik dan Sistem Industri*, 7(1), 56.
<https://doi.org/10.35194/jmtsi.v7i1.3051>
- Ulu, M. (2024). Warehouse Location Selection With Fuzzy C-Means Method. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 21(4), 102–114.
<https://doi.org/10.11611/yead.1373617>
- Wiswasta, I. G. N. A., Sukamerta, I. M., Wedagama, D. M., & Agung, I. G. A. A. (2017). *Metode Penelitian dan Analisis Statistik Kuantitatif Deskriptif* (1 ed.).

Unmas Press.

Zhang, J., Weng, Z., & Guo, Y. (2021).
Distribution Center Location Model Based
on Gauss-Kruger Projection and Gravity
Method. *Journal of Physics: Conference
Series*, 1972(1), 012075.
[https://doi.org/10.1088/1742-
6596/1972/1/012075](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1972/1/012075)