

TESIS

EVALUASI STRATEGI DISTRIBUSI MATERIAL PADA INDUSTRI KECIL DAN MENENGAH SENTRA PRODUSEN PISAU MENGGUNAKAN METODE *CENTER OF GRAVITY* (COG) DAN *PAYBACK PERIOD*



NAHABA QOYUN KIRANA

23916035

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA**

2025

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nahaba Qoyun Kirana
NIM : 23916035
Program Studi : Magister Teknik Industri
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Universitas : Universitas Islam Indonesia

Dengan ini menyatakan bahwa tesis yang berjudul

“Evaluasi Strategi Distribusi Material pada Industri Kecil dan Menengah Sentra Produsen Pisau Menggunakan Metode *Center Of Gravity* (COG) dan *Payback Period*”

Adalah benar-benar karya saya sendiri dan tidak merupakan hasil penjiplakan (plagiarisme) dari karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali pada bagian-bagian yang dirujuk sumbernya sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa tesis ini merupakan hasil plagiarisme atau melanggar ketentuan akademik, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan penuh tanggung jawab.

Yogyakarta, 28 April 2026



Nahaba Qoyun Kirana

LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI STRATEGI DISTRIBUSI MATERIAL PADA INDUSTRI KECIL DAN
MENENGAH SENTRA PRODUSEN PISAU MENGGUNAKAN METODE
CENTER OF GRAVITY (COG) DAN PAYBACK PERIOD

Tesis telah disetujui pada tanggal

07 Mei 2026

Pembimbing

Dr. Qurtubi, S.T., M.T.
NIP.155221303

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Magister

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Ir. Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D., IPM, ASEAN-Eng., APEC-Eng
NIP. 025200519

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
EVALUASI STRATEGI DISTRIBUSI MATERIAL PADA INDUSTRI KECIL
DAN MENENGAH SENTRA PRODUSEN PISAU MENGGUNAKAN
METODE CENTER OF GRAVITY (COG) DAN PAYBACK PERIOD
NAHABA QOYUN KIRANA
23916035

Tesis Telah Diuji dan Dinilai oleh Panitia Penguji

Program Studi Teknik Industri Program Magister

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Pada tanggal 07 Mei 2026

Tim Penguji

Dr. Qurtubi, S.T., M.T.

Ketua

Dr. Ir. Dwi Handayani, S.T., M.Sc., IPU.,
ASEAN Eng.

Anggota I

Prof. Dr. Ir. Elisa Kusrini, M.T., CPIM.,
CSCP., SCOR-P.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Magister

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia


Ir. Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D., IPM, ASEAN-Eng., APEC-Eng.
NIP. 025200519

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Ketahuilah bahwa sesungguhnya Allah adalah pelindungmu. Dia adalah sebaik-baik pelindung dan sebaik-baik penolong”

(QS. Al Anfal : 40)

“Berdirilah sendiri, karena kamu sejatinya hanya memiliki diri sendiri. Namun jangan khawatir, kamu hanya perlu mengingat bahwa Allah selalu bersamamu. Wa in tawallau fa’lamuu annallaaha mualaakum ni’mal maula wa ni’mannasir”

(Bapak, 2025)

“Dimensi ketercerahan jiwa manusia ada empat. *Pertama*, ketercerahan spiritual. *Kedua*, ketercerahan mental. *Ketiga*, ketercerahan intelektual. Produknya adalah ketercerahan yang keempat, yakni ketercerahan moral.”

(Muhammad Ainun Nadjib, Kitab Ketenteraman dari Khasanah Emha Ainun Nadjib)

Sebagai wujud rasa syukur atas proses yang telah dilalui, karya ini saya persembahkan kepada:

Bapak Sarjono (Alm) dan Ibu Sri Handayani Marganingsih sebagai orang tua saya, serta keluarga besar yang telah memberikan kasih sayang yang tanpa batas. Melalui doa dan pengorbanan senantiasa menjadi wasilah kekuatan dalam setiap proses kehidupan saya. Segala pencapaian ini tidak terlepas dari keihlasan, kesabaran, dan ridha mereka yang selalu menyertai perjalanan saya.

Semoga karya ini dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan serta menjadi bagian dari tanggung jawab akademik yang bermanfaat bagi berbagai pihak.

Amiin ya rabbal ‘alamin.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Hasbiyallahu La Ilaha Illa Huwa 'Alaihi Tawakkaltu Wahuwa Rabbul Arsyil Adzim.

Allahumma Sholli Wasallim 'Ala Sayyidina Muhammad.

Bismillahirrahmanirrahim.

Segala puji bagi Allah SWT, dzat yang menggenggam segala urusan semesta, yang dengan kehendak-Nya setiap ilmu dapat dipahami, setiap langkah dimudahkan, dan setiap kesulitan diberikan jalan keluar. Dalam keterbatasan diri sebagai hamba Allah SWT, penulis menyadari bahwa tanpa pertolongan-Nya, tidak ada satu pun ikhtiar yang mampu terselesaikan dengan baik, termasuk penyusunan tesis ini. sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul “Evaluasi Strategi Distribusi Material pada Industri Kecil dan Menengah Sentra Produsen Pisau Menggunakan Metode Center Of Gravity (COG) dan Payback Period” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar master teknik pada program studi Magister Teknik Industri, fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membersamai perjalanan penulisan tesis ini, terutama pada:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW sebagai sumber petunjuk dan penolong pada perjalanan kehidupan penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU, ASEAN.Eng Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

3. Bapak Ir. Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D., IPM., ASEAN-Eng., APEC-Eng. selaku ketua program Magister Teknik dan Teknologi Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Qurtubi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing penulis yang telah membimbing dan memberikan arahan sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
5. Pengurus Koperasi Paguyuban Pande Besi Gilangharjo yang telah memberikan kesempatan, waktu, dan fasilitas kepada penulis dalam melaksanakan penelitian.
6. Seluruh dosen Magister Teknik Industri yang memberikan ilmu, pengalaman dan arahan selama perkuliahan maupun di luar perkuliahan.
7. Teman-teman yang selalu mendoakan, menemani, memberikan dukungan, dan semangat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian dan tesis.

Keterbatasan dalam tesis ini menjadi ruang bagi perbaikan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 28 April 2026



ابحاث الامتياز الاسلامي

Nahaba Qoyun Kirana

ABSTRAK

Penelitian ini memiliki tujuan untuk menentukan lokasi pusat distribusi material besi yang baru dan meminimalkan biaya logistik pada sentra IKM produsen pisau di Desa Gilangharjo. Adapun permasalahan utamanya adalah biaya transportasi yang tinggi karena jarak antara IKM dengan *supplier* retail jauh, maka diperlukan perancangan jaringan distribusi yang lebih efisien. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Center of Gravity* (COG) digunakan untuk menentukan lokasi gudang yang optimal dengan mempertimbangkan koordinat dan besarnya permintaan pada setiap IKM serta metode *Payback period* untuk mengetahui titik impas dan analisis kelayakan apabila pembangunan gudang baru dilakukan. Data yang digunakan adalah koordinat lokasi IKM, volume permintaan material setiap IKM, peramalan volume permintaan material IKM jarak distribusi, dan biaya distribusi atau transportasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terbentuk tiga *cluster* distribusi wilayah. Berdasarkan perhitungan metode COG diperoleh titik lokasi optimal pusat distribusi pada koordinat (10,3112 dan -7,9080) yang berwilayah di desa Gilangharjo. Metode COG terbukti efektif untuk mendukung pengambilan keputusan lokasi distribusi, serta mendukung peningkatan efisiensi biaya logistik IKM. Sedangkan metode *Payback period* untuk menganalisis kelayakan pembangunan gudang baru yang menghasilkan tanpa adanya gudang baru merupakan alternatif terbaik untuk kondisi saat ini.

Kata kunci: Distribusi, Logistik, , *Center of Gravity*, *Payback Period*, Biaya Distribusi, Kelayakan Investasi.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Kajian Induktif.....	8
2.2 <i>Supply Chain Management</i>	14
2.3 Distribusi dan Transportasi	15
2.4 Analisis Biaya Transportasi	15
2.7.1 Biaya Tetap (<i>Fixed Cost</i>)	16
2.7.2 Biaya Tidak Tetap (<i>Variable Cost</i>).....	17
2.5 <i>Demand Forecasting</i>	17
2.6 Penentuan Titik Lokasi dengan <i>Center Of Gravity</i> (COG).....	20
2.7 Menghitung Titik Pusat Distribusi/Gudang Baru	21
2.8 Metode <i>Payback Period</i>	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Objek Penelitian.....	23
3.2 Pengumpulan Data	24

3.3	Analisis Data.....	24
3.4	Prosedur Penelitian	25
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		29
4.1	Gambaran Umum Proses Produksi Perusahaan	29
4.2	Hasil Analisis	30
4.2.1	Pengumpulan Data Koordinat.....	30
4.2.2	Perhitungan <i>Demand Forecasting</i>	37
4.2.3	Penentuan titik distribusi <i>Center Of Gravity</i> (COG)	55
4.2.4	Perhitungan Biaya Transportasi	57
4.2.1.4.1	Perhitungan Biaya Tetap (<i>Fixed Cost</i>)	59
4.2.1.4.2	Perhitungan Biaya Tidak Tetap (<i>Variable cost</i>)	60
4.2.1.4.3	Perbandingan skenario	62
4.2.5	Perhitungan <i>Payback Period</i>	64
BAB V PEMBAHASAN		66
5.1	Pembahasan Hasil <i>Demand Forecasting</i>	66
5.2	Pembahasan Penentuan Lokasi Gudang Menggunakan COG	66
5.3	Pembahasan Efisiensi Biaya Transportasi	68
5.4	<i>Payback Period</i>	69
5.5	Implikasi Hasil Penelitian terhadap Sistem Distribusi IKM.....	70
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		71
6.1	Kesimpulan	71
6.2	Saran	72
DAFTAR PUSTAKA.....		73
LAMPIRAN PENELITIAN		78

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	12
Tabel 4. 1 Titik koordinat awal IKM	31
Tabel 4. 2 Data permintaan material dan koordinat lokasi masing-masing IKM	36
Tabel 4. 3 Data aktual permintaan material tahun 2025	36
Tabel 4. 4 Demand Forecasting metode Naïve tahun 2025	38
Tabel 4. 5 Demand Forecasting metode Naïve tahun 2026	38
Tabel 4. 6 Perbandingan Nilai Error	39
Tabel 4. 7 Demand Forecasting metode MA tahun 2025.....	40
Tabel 4. 8 Demand Forecasting metode MA tahun 2026.....	40
Tabel 4. 9 Perbandingan Nilai Error	41
Tabel 4. 10 Demand Forecasting metode WMA tahun 2025.....	42
Tabel 4. 11 Demand Forecasting metode WMA tahun 2026	42
Tabel 4. 12 Perbandingan Nilai Error	43
Tabel 4. 13 Demand Forecasting metode SES tahun 2025	44
Tabel 4. 14 Demand Forecasting metode SES tahun 2026.....	44
Tabel 4. 15 Perbandingan Nilai Error	45
Tabel 4. 16 Metode SES pada IKM Djawadi.....	46
Tabel 4. 17 Perbandingan Nilai Error	46
Tabel 4. 18 Metode SES pada IKM Giyanto	47
Tabel 4. 19 Perbandingan Nilai Error	48
Tabel 4. 20 Metode SES pada IKM Suratijan.....	49
Tabel 4. 21 Perbandingan Nilai Error	49
Tabel 4. 22 Metode SES pada IKM Doel	50
Tabel 4. 23 Perbandingan Nilai Error	50
Tabel 4. 24 Metode SES pada IKM SDK	51
Tabel 4. 25 Perbandingan Nilai Error	52
Tabel 4. 26 Metode Naïve pada IKM AMW.....	52
Tabel 4. 27 Perbandingan Nilai Error	53
Tabel 4. 28 Perbandingan Nilai Error	54

Tabel 4. 29 Titik Koordinat Lokasi Gudang Baru.....	56
Tabel 4. 30 Data Perhitungam Biaya Transportasi Per Km	57
Tabel 4. 31 Data Hasil Perhitungan Biaya Transportasi Awal	57
Tabel 4. 32 Biaya transportasi setelah adanya usulan gudang baru	58
Tabel 4. 33 Komponen Biaya Tetap (Fixed Cost).....	59
Tabel 4. 34 Data Biaya Transportasi Per Km.....	61
Tabel 4. 35 Data Total Biaya Transportasi	61
Tabel 4. 36 Perbandingan Skenario	613

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Peta Sebaran Distribusi di Desa Gilangharjo	30
Gambar 2 Jarak IKM Djawadi ke Toko Marmin	32
Gambar 3 Jarak IKM Giyanto ke Toko Marmin	32
Gambar 4 Jarak IKM Suratijan ke Toko Marmin	33
Gambar 5 Jarak IKM Doel ke Toko Marmin	33
Gambar 6 Gambar Jarak IKM AMW ke Toko Marmin	34
Gambar 7 Jarak IKM DL Jumaryono ke Toko Marmin	34
Gambar 8 Jarak IKM SDK ke Toko Marmin	35
Gambar 9 Grafik Metode Naïve IKM Djawadi	39
Gambar 10 Metode MA IKM Djawadi	41
Gambar 11 Metode WMA IKM Djawadi	43
Gambar 12 Metode SES IKM Djawadi	45
Gambar 13 Metode SES IKM Djawadi	47
Gambar 14 Metode SES IKM Suratijan	48
Gambar 15 Metode SES IKM Suratijan	49
Gambar 16 Grafik Metode SES IKM Doel	51
Gambar 17 Grafik Metode SES IKM SDK	52
Gambar 18 Grafik Metode Naïve IKM AMW	53
Gambar 19 Titik Koordinat Rencana Gudang Baru	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aktivitas rantai pasok bergantung pada fungsi logistik dan pergudangan yang menyediakan transportasi dan penyimpanan, serta peningkatan penggunaan teknologi informasi dan komunikasi yang baik sesuai dengan penelitian Gružasuskas, Gimžauskienė dan Navickas (2019). Manajemen rantai pasok perusahaan digunakan untuk meningkatkan kinerja di dunia usaha untuk menghasilkan dampak positif yang lebih luas, baik bagi perusahaan, konsumen, maupun masyarakat secara keseluruhan. Menurut penelitian Lee dan Shen (2020) peran manajemen rantai pasok dalam menjaga kinerja efektifnya yaitu sebagai sistem yang memastikan aliran produk, meningkatkan efisiensi, meminimalkan biaya, dan mendukung stabilitas finansial perusahaan. Manajemen rantai pasok secara langsung dan signifikan memengaruhi kualitas, biaya, serta waktu tunggu produk baru (Luo et al. 2009).

Menurut Sakai et al (2024) perkembangan rantai pasok terus mengalami percepatan dan sangat penting bagi para pelaku bisnis untuk melakukan aksi dengan langkah-langkah yang cepat dan tepat. Penelitian yang dilakukan oleh Gružasuskas, Gimžauskienė, dan Navickas (2019) membuktikan bahwa upaya ini mencakup peningkatan efektivitas kinerja melalui strategi yang terukur untuk mendukung efisiensi operasional, serta pengelolaan rantai pasok secara optimal. Hal ini bertujuan untuk memastikan perusahaan dapat beradaptasi dengan dinamika pasar, memenuhi permintaan pelanggan secara efisien, dan

tetap kompetitif di tengah persaingan yang semakin tinggi (Baghalzadeh Shishehgarkhaneh et al. 2024)

Hal yang perlu diperhatikan logistik dalam rantai pasok harus dapat sepenuhnya beradaptasi untuk melakukan pengiriman langsung kepada konsumen. Menurut Gao et al (2024) salah satu upaya dari manajemen rantai pasok yang dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi kinerjanya adalah dengan melihat jaringan distribusinya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Schwerdfeger dan Boysen (2020) tujuan dari upaya tersebut adalah agar fokus terhadap penentuan lokasi distribusi material/pasokan yang optimal. Tantangan yang sering dialami oleh perusahaan dengan jaringan kerja yang luas adalah mengelola proses pengiriman material dari pusat distribusi hingga ke lokasi tujuan. pada proses distribusi, perlu dilakukan perencanaan yang mencakup penentuan jumlah barang yang akan dikirim ke setiap titik distribusi, pemilihan model transportasi yang tepat, serta analisis rinci terkait biaya yang dikeluarkan selama proses distribusi. Langkah-langkah ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan konsumen dengan tetap menjaga biaya logistik seminimal mungkin (Babanezhad et al. 2022)

Hal tersebut menjadi fokus perhatian dari IKM AMW yang merupakan salah satu IKM manufaktur yang memproduksi pisau yang berada di Desa Gilangharjo, Pandak, Bantul, D.I Yogyakarta. Terdapat tujuh IKM produsen pisau yang membutuhkan material besi sebagai bahan pembuatan pisau di antaranya yaitu IKM Djawadi, IKM Giyanto, IKM Suratijan, IKM Doel, IKM AMW, IKM DL Jumaryono, dan IKM SDK. Desa Gilangharjo sebagai desa wisata dan sentra kerajinan produsen alat tani maupun pisau memiliki permasalahan dan tantangan pada pengelolaan proses pengiriman material dari pusat distribusi hingga ke lokasi tujuan ketujuh IKM tersebut. Sebelumnya, ketujuh IKM tersebut harus membeli atau

memesan material besi ke pemasok di daerah Wonosari, Gunung kidul terlebih dahulu untuk mencukupi kebutuhan material, namun hal tersebut dirasa kurang efektif dari segi waktu maupun biaya. Menurut perusahaan seperti IKM AMW, distribusi yang efisien sangat krusial. Pemilihan titik distribusi material besi dan pola distribusi yang tepat, perusahaan dapat menghemat biaya transportasi dan operasional, serta mempercepat pengiriman produk.

Beberapa penelitian mengenai *distribution center* menunjukkan bahwa hal ini penting bagi kemajuan IKM. Peningkatan kepadatan lalu lintas akan berdampak pada penurunan kecepatan rata-rata kendaraan, dan berakibat pada peningkatan waktu tempuh dan bertambahnya biaya yang harus dibayarkan ke pemasok material dalam satu periode waktu tertentu. Oleh karena itu, penentuan lokasi gudang pusat material di sentra kerajinan pisau atau keris Desa Gilangharjo perlu dilakukan agar seluruh permintaan produk dapat dipenuhi dengan baik dengan kapasitas yang cukup dan fasilitas yang memadai. Pada penentuan lokasi distribusi material besi di penelitian ini menggunakan metode *Center of Gravity* (COG) dan *Payback Period* sebagai pendekatan untuk mengevaluasi kelayakan pembuatan gudang distribusi baru.

Pendekatan kedua yang digunakan pada penelitian ini adalah COG. Analisis COG digunakan sebagai penentuan lokasi yang paling baik pada suatu titik distribusi untuk meminimalkan biaya distribusi. Menurut Zhang et al. (2012) metode ini mempertimbangkan jarak lokasi perusahaan, jumlah barang yang akan dikirim ke perusahaan, dan biaya pengiriman untuk menentukan lokasi paling baik sebagai pusat distribusi material. Berdasarkan pernyataan tersebut, dapat diartikan bahwa dalam pemilihan lokasi gudang atau pusat distribusi agar lebih efisien dalam menjangkau

pelanggan. Adanya usulan dan analisis kelayakan pembuatan gudang baru dalam menentukan lokasi distribusi material yang tepat untuk ketujuh IKM di Desa Gilangharjo karena fasilitas gudang tersebut sangat berpengaruh terhadap biaya operasional yang dikeluarkan. *Demand forecasting* membantu dalam analisis kelayakan adanya gudang baru melalui perhitungan atau pendekatan *Naïve*, *Moving Average* (MA), *Weighted Moving Average* (WMA), dan *Single Exponential Smoothing* (SES) Analisis kelayakan menggunakan metode *Payback Period* untuk mengetahui atau mengidentifikasi jangka panjang waktu pengembalian biaya investasi berdasarkan keuntungan atau penghematan yang diperoleh setiap periode (Ibrahim et al., 2026).

1.2 Rumusan Masalah

Penentuan lokasi pusat distribusi material perlu dilakukan karena menjadi permasalahan utama dalam pemenuhan kebutuhan material IKM. Apabila lokasi pemasok material tidak dapat dijangkau dengan mudah maka akan berpengaruh pada pengeluaran biaya operasional. Sehingga dapat dirumuskan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana penentuan titik distribusi material besi yang optimal dan mencapai biaya logistik yang rendah dan bagaimana analisis kelayakan pembuatan gudang baru sebagai keputusan yang paling menguntungkan secara finansial?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah di atas, adapun tujuan yang akan dicapai untuk penelitian adalah menentukan lokasi distribusi material besi yang optimal sebagai usulan pembuatan gudang baru dan mencapai biaya logistik yang rendah, serta dapat mengevaluasi kelayakan pembuatan gudang baru menggunakan metode COG serta pendekatan *Payback Period*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan lokasi pusat distribusi material besi IKM Djawadi, IKM Giyanto, IKM Suratijan, IKM Doel, IKM AMW, IKM DL Jumaryono, dan IKM SDK
2. Penelitian ini diharapkan untuk dapat meminimalkan biaya pendistribusian material dari pemasok hingga ke lokasi pusat distribusi material besi IKM Djawadi, IKM Giyanto, IKM Suratijan, IKM Doel, IKM AMW, IKM DL Jumaryono, dan IKM SDK.

1.5 Batasan Penelitian

Pada saat melakukan penelitian ini terdapat batasan masalah dengan tujuan pembahasan lebih terarah dan sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun batasan masalah yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Pembahasan penelitian mencakup penentuan lokasi pusat distribusi material besi, meminimalkan biaya transportasi, dan mengetahui analisis kelayakan adanya gudang baru distribusi.
2. Metode dan pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode COG dan pendekatan *Payback Period*.
3. Objek penelitian adalah sentra kerajinan pembuatan produk pisau di Desa Gilangharjo yaitu IKM Djawadi, IKM Giyanto, IKM Suratijan, IKM Doel, IKM AMW, IKM DL Jumaryono, dan IKM SDK.
4. Pengumpulan data dilakukan pada bulan Maret-April 2025.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penulisan sistematika penulisan ini bertujuan untuk membantu penulis dalam menulis Laporan tesis dan dapat membantu pembaca agar mudah memahami laporan ini. Berikut adalah sistematika penelitian dari Laporan tesis:

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bagian bab pendahuluan berisi mengenai gambaran umum penelitian meliputi latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, batasan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian bab tinjauan pustaka berisi mengenai semua informasi yang dijadikan rujukan maupun acuan penulisan laporan. Informasi tersebut dikutip dari penelitian terdahulu dan teori yang berhubungan dengan penelitian yang telah dilakukan.

BAB III

METODE PENELITIAN

Pada bagian bab metode penelitian berisi mengenai objek penelitian, gambaran umum objek penelitian, metode penelitian, pengumpulan data, dan langkah-langkah pembuatan laporan penelitian tesis.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab IV berisi mengenai pengumpulan data yang telah diperoleh dari observasi pada objek penelitian dan pengolahan data yang sesuai dengan metode yang ditentukan untuk mendapatkan hasil yang sesuai penulis harapkan.

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab V berisi analisis dan pembahasan dari hasil penelitian dan hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Informasi ini disajikan dalam bentuk tabel, gambar, dan analisis yang sesuai dengan latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, serta tujuan penelitian.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab VI berisi mengenai kesimpulan yang diambil dari hasil pengolahan data dan analisis/pembahasan serta saran untuk memperbaiki/mengembangkan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bagian daftar pustaka berisi daftar referensi yang digunakan penulis sebagai rujukan/acuan dalam mendukung penyelesaian penulisan laporan tesis.

LAMPIRAN

Pada bagian lampiran berisi dokumentasi yang diperoleh saat melakukan penelitian/observasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Induktif

Kajian literatur ini dilakukan untuk perbandingan, identifikasi, dan memahami pendekatan yang digunakan dalam penelitian terkait penentuan lokasi distribusi material menggunakan metode COG dan *Payback period*. Literatur yang diperoleh dikumpulkan dari sumber yang kredibel yaitu *Scopus*. Penggunaan sumber dibatasi dari tahun 2005 hingga 2025 untuk memastikan relevansi informasi dengan topik utama COG dan *Payback period* untuk menentukan lokasi distribusi material. Pada kajian induktif menggunakan rujukan/penelitian terdahulu di antaranya adalah sebagai berikut.

Penentuan lokasi distribusi yang optimal bertujuan untuk menekan biaya logistik dan meningkatkan efisiensi rantai pasok. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa terdapat satu lokasi yang dipilih sebagai titik distribusi terbaik karena memberikan biaya paling rendah sekaligus posisi strategis untuk menjangkau wilayah pemasaran. Pemilihan lokasi distribusi berbasis analisis kuantitatif dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat, meningkatkan efisiensi distribusi, serta memperkuat daya saing perusahaan (Sutaji dan Hasibuan 2021).

Pemilihan lokasi pusat distribusi memiliki peran khusus pada sistem logistik untuk menentukan efisiensi biaya transportasi (Cai et al. 2020). Penentuan lokasi yang tepat dapat mengurangi biaya dan dapat menguntungkan perusahaan. Data yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 5000 titik permintaan jasa ekspedisi di Distrik Jinjiang, Chengdu melalui metode algoritma *K-means clustering* dan penentuan pusat gravitasi sebagai penyelesaian masalah lokasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah pusat distribusi optimal tercapai pada $k = 10$, di mana kurva SSE membentuk titik infleksi dan tingkat cakupan

jaringan logistik dianggap paling efisien. Oleh karena itu, terbukti efisien dan mampu mengubah permasalahan lokasi menjadi permasalahan yang dapat diselesaikan, sehingga mendukung perencanaan logistik yang lebih efektif dan dapat menurunkan biaya distribusi.

Penelitian yang dilakukan oleh Zhang et al. (2012) menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi di Tiongkok mengalami permasalahan berupa ketidakseimbangan antara pasokan dan permintaan energi. Distribusi energi yang tidak merata antar wilayah dan meningkatnya kebutuhan energi di kawasan timur dan tenggara menimbulkan permasalahan besar bagi keamanan energi nasional. Penelitian ini menunjukkan pusat produksi batubara dan gas alam bergeser ke barat laut, pusat konsumsi gas alam bergerak ke tenggara, sementara pusat konsumsi batubara, minyak mentah, dan listrik cenderung ke barat daya. Oleh karena itu, hasil analisis dari jurnal tersebut adalah diperlukan strategi kebijakan seperti optimalisasi infrastruktur transportasi energi, pengembangan energi terbarukan, dan penataan struktur industri di wilayah barat untuk mengurangi kesenjangan nasional dan memperkuat ketahanan energi berkelanjutan.

Evaluasi efektivitas modul optimisasi menggunakan *excel solver* dalam menyelesaikan *vehicle routing problem* (VRP) dengan studi kasus distribusi bir oleh Šedivý dan Čejka (2025). Pada kasus yang kompleks, durasi komputasi diperpanjang dari pengaturan waktu 30 detik menjadi 400 detik, sehingga solusi yang dihasilkan semakin mendekati optimal. Hasil analisis menunjukkan bahwa rute distribusi yang dirancang *solver* lebih efisien dibandingkan metode lain, dengan penghematan jarak tempuh sebesar 95,3 km (20,32%) dibanding *Clarke-Wright* dan 37,7 km (9,17%) dibanding Mayer. Oleh karena itu *excel solver* merupakan alat optimisasi yang praktis dan efektif dalam meningkatkan efisiensi distribusi serta mendukung pengurangan biaya logistik dan dampak lingkungan.

Penelitian yang dilakukan oleh Lee dan Shen (2020) memiliki tujuan mengidentifikasi inovasi dalam rantai pasokan dan logistik yang terkait dengan *Belt and Road Initiative* (BRI). Hasil dari penelitian ini adalah BRI dapat mempercepat efisiensi rantai pasokan global dengan investasi besar dalam infrastruktur yang mengurangi hambatan logistik. Rute perjalanan perdagangan baru dapat mengurangi waktu pengiriman barang dari China ke Eropa hingga 40% lebih cepat dibandingkan jalur laut. Sehingga, BRI memiliki peluang baru untuk manufaktur, perdagangan, dan kewirausahaan.

Penelitian yang dilakukan oleh Schwerdfeger dan Boysen (2020) yang memiliki tujuan mengoptimalkan lokasi dinamis dari *mobile parcel locker* atau loker penyimpanan paket dalam distribusi *last-mile* (*last-mile distribution*). Simulasi tersebut dilakukan dengan 500 pelanggan dan jumlah loker yang diperlukan berkurang dari 30 unit (stasioner) menjadi 18 unit (bergerak). Akibatnya dapat meningkatkan kapasitas loker dari 10 unit ke 15 unit paket dapat mengurangi kebutuhan loker hingga 20%. Maka hasilnya adalah loker penyimpanan paket dalam distribusi *last-mile distribution* mengurangi jumlah loker yang diperlukan hingga 40%.

Penelitian yang dilakukan oleh Babanezhad et al. (2022) bertujuan untuk mengoptimalkan alokasi kapasitor dalam jaringan distribusi listrik dengan menggunakan *Mathematical Remora Optimization Algorithm* (ROA). Metode tersebut diketahui dapat mengurangi biaya operasional jaringan distribusi listrik melalui alokasi kapasitor yang optimal. Metode ROA mengurangi rugi daya hingga 35% dalam jaringan distribusi listrik dan dapat meningkatkan efisiensi biaya pada penghematan tahunan hingga \$38,416.3 dalam jaringan 69 jalur/unit.

Berdasarkan penelitian Baghalzadeh Shishehgarkhaneh et al. (2024) menunjukkan bahwa pendekatan *Artificial Intelligence* (AI) dapat mengelola manajemen risiko dalam rantai pasokan konstruksi. Pendekatan tersebut menghasilkan pengurangan risiko keterlambatan

hingga 25% melalui optimasi rute transportasi berbasis *Machine Learning*. Teknologi AI dan metode tradisional menawarkan pendekatan optimal dalam mengurangi risiko dan meningkatkan ketahanan rantai pasokan konstruksi.

Metode *K-means clustering* yang dilakukan oleh Shahcheraghian et al. (2025) bertujuan untuk mengoptimalkan jaringan pemanas distrik terdistribusi menggunakan teknik klasterisasi dalam perencanaan energi perkotaan. Efisiensi yang diperoleh adalah adanya proses distribusi panas berbasis sumber residu dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan meningkatkan ketahanan energi perkotaan. Metode *K-means clustering* meningkatkan efisiensi dalam penempatan sumber panas dan mengoptimalkan distribusi energi. Hasilnya adalah terdapat kombinasi pusat data, supermarket, dan perusahaan daerah air minum sebagai sumber panas berpotensi mengurangi biaya pemanasan perkotaan dari 10% hingga 20%.

Pemilihan lokasi pusat distribusi adalah sebuah keputusan strategis yang dapat menentukan efisiensi biaya transportasi, koordinasi produksi dan permintaan, serta keberlanjutan sistem logistik, sehingga kesalahan dalam penentuan lokasi berpotensi menimbulkan kerugian jangka panjang (Chen & He 2010). Hasil pengolahan data menggunakan data permintaan dan pasokan menunjukkan bahwa lokasi optimal pusat distribusi berada pada koordinat (5,16; 5,18) dengan metode dasar, dan diperoleh koordinat yang lebih akurat yakni (4,92; 5,05) melalui *exact-gravity algorithm*. Maka, penelitian ini memberikan analisis bahwa pengembangan model gravitasi yang diperbaiki serta pendekatan *multiple center of gravity approach* dalam pemilihan lokasi pusat distribusi, untuk meminimalkan biaya transportasi, mendukung optimalisasi dan keunggulan sistem logistik secara berkelanjutan.

Penggunaan metode *payback period* sebagai salah satu metode yang digunakan oleh Mohsenpour et al. (2024) membahas tentang evaluasi kelayakan ekonomi pada desain *heat*

exchanger network (HNE). Skenario yang digunakan berdasarkan perhitungan *investment cost*, *payback period*, dan *annual profit*. Hasil dari penelitian tersebut adalah skenario B adalah skenario yang terpilih sebagai kebijakan dalam sistem *technology economic visibility* paling baik. Hal tersebut disimpulkan bahwa nilai *annual profit* sebesar €477.295 dan nilai investasi sebesar €356.000. penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode *payback period* dapat digunakan untuk evaluasi kelayakan suatu investasi berdasarkan waktu pengembalian biaya investasi dan keuntungan yang diperoleh.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti/Penulis	Tujuan	Hasil
1.	Sutaji dan Hasibuan (2021)	Menentukan lokasi distribusi yang paling efisien untuk meminimalkan biaya logistik dalam jaringan <i>supply chain</i>	Hasil penelitian menyimpulkan bahwa terdapat satu lokasi yang dipilih sebagai titik distribusi terbaik karena memberikan biaya paling rendah sekaligus posisi strategis untuk menjangkau wilayah pemasaran.
2.	Zhang et al. (2012)	Memberikan analisis dinamika pusat produksi dan konsumsi energi di Tiongkok dalam kurun 1997–2009 dengan menggunakan pendekatan <i>center of gravity</i> berbasis GIS software.	Hasil analisis diperlukan strategi kebijakan seperti optimalisasi infrastruktur transportasi energi, pengembangan energi terbarukan, dan penataan struktur industri di wilayah barat untuk mengurangi kesenjangan nasional dan memperkuat ketahanan energi berkelanjutan.
3.	Lee dan Shen (2020)	Memberikan inovasi dalam proses rantai pasokan yaitu logistik untuk mempercepat waktu pengiriman barang pada proses rantai pasokan global dengan investasi besar dalam infrastruktur yang mengurangi hambatan logistik.	Rute perjalanan perdagangan baru terbukti dapat mengurangi waktu pengiriman barang dari China ke Eropa hingga 40% lebih cepat dibandingkan jalur laut.
4.	Schwerdfeger dan Boysen (2020)	Mengoptimalkan lokasi dinamis dari <i>mobile parcel locker</i> atau loker penyimpanan paket dalam distribusi <i>last-mile (last-mile distribution)</i> .	Dapat meningkatkan kapasitas loker dari 10 unit ke 15 unit paket dapat mengurangi kebutuhan loker hingga 20%. Maka hasilnya adalah

No.	Peneliti/Penulis	Tujuan	Hasil
			loker penyimpanan paket mengurangi jumlah loker yang diperlukan hingga 40%.
5.	Babanezhad et al. (2022)	Mengoptimalkan alokasi kapasitor dalam jaringan distribusi listrik dengan menggunakan <i>Mathematical Remora Optimization Algorithm</i> (ROA)	Dapat mengurangi rugi daya hingga 35% dalam jaringan distribusi listrik dan dapat meningkatkan efisiensi biaya pada penghematan tahunan hingga \$38,416.3 dalam jaringan 69 jalur/unit.
6.	Šedivy dan Cejka (2025)	Melakukan evaluasi efektivitas modul optimisasi Excel Solver dalam menyelesaikan <i>vehicle routing problem</i> (VRP) dengan studi kasus distribusi bir. Metode yang digunakan adalah algoritma evolutionary	Hasil analisis menunjukkan bahwa rute distribusi yang dirancang <i>solver</i> lebih efisien dibandingkan metode lain, dengan penghematan jarak tempuh sebesar 95,3 km (20,32%) dibanding <i>Clarke-Wright</i> dan 37,7 km (9,17%) dibanding Mayer.
7.	Baghalzadeh Shishehgarkhaneh et al. (2024)	Mengurangi risiko keterlambatan dan meningkatkan ketahanan rantai pasokan konstruksi dengan optimasi rute transportasi berbasis <i>Machine Learning</i> dan teknologi <i>artificial intelligence</i> .	Mengurangi risiko keterlambatan hingga 25% melalui optimasi rute transportasi berbasis <i>Machine Learning</i> dan teknologi <i>artificial intelligence</i> .
8.	Shahcheraghian et al. (2025)	Mengoptimalkan jaringan pemanas distrik terdistribusi menggunakan teknik klasterisasi dalam upaya perencanaan energi perkotaan.	Adanya kombinasi pusat data, supermarket, dan perusahaan daerah air minum sebagai sumber panas berpotensi mengurangi biaya pemanasan perkotaan dari 10% hingga 20%.
9.	Cai et al. (2020)	Menentukan efisiensi biaya transportasi, lokasi yang tepat dapat mengurangi biaya, dan dapat menguntungkan perusahaan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah pusat distribusi optimal tercapai pada $k = 10$, di mana kurva SSE membentuk titik infleksi dan tingkat cakupan jaringan logistik dianggap paling efisien. Oleh karena itu, terbukti efisien dan mampu mengubah permasalahan lokasi, sehingga mendukung perencanaan logistik yang lebih efektif dan dapat menurunkan biaya distribusi.

No.	Peneliti/Penulis	Tujuan	Hasil
10.	Chen dan He (2010)	Pemilihan lokasi pusat distribusi, untuk meminimalkan biaya transportasi, dapat mendukung optimalisasi, dan keunggulan sistem logistik secara berkelanjutan.	Lokasi optimal pusat distribusi berada pada koordinat (5,16; 5,18) dengan metode dasar, dan diperoleh koordinat yang lebih akurat yakni (4,92; 5,05) melalui <i>exact-gravity algorithm</i> . Maka, penelitian ini memberikan analisis bahwa pengembangan model gravitasi yang diperbaiki serta pendekatan <i>multiple center of gravity approach</i> .
11	Majid Mohsenpour et al. (2024)	Menganalisis kelayakan ekonomi pada desain <i>heat exchanger network</i> (HEN) dengan membandingkan beberapa skenario berdasarkan <i>investment cost</i> , <i>payback period</i> , dan <i>annual profit</i> untuk mengetahui skenario terbaik dalam efisiensi energy serta menghasilkan keuntungan finansial paling optimal.	Skenario B menjadi skenario terbaik karena memiliki <i>payback period</i> paling cepat yaitu 9 bulan. Menghasilkan <i>annual profit</i> tertinggi sebesar €477.295 dengan nilai investasi sebesar €356.000 dan dinilai memiliki <i>technology economic visibility</i> terbaik.

2.2 Supply Chain Management

Manajemen rantai pasok sebagai pengelola rangkaian aktivitas yang terdapat dalam aliran barang dan jasa, mulai dari hulu hingga hilir. Selain memiliki tujuan untuk efisiensi dalam produksi dan distribusi, SCM membangun hubungan yang kuat terhadap semua pihak yang terlibat untuk meningkatkan kinerja operasional yang baik dan dapat memberikan keuntungan dalam jangka panjang bagi perusahaan (Burtea dan Tsay 2024). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Cong et al. (2024) konsep SCM meliputi sistem produksi, inventaris, dan distribusi menjadi dasar teori untuk membahas operasi rantai pasok. Penelitian tersebut juga memberikan pembahasan terkait inti dari dasar teori SCM di antaranya adalah sebagai berikut.

1. Pengelolaan terhadap rantai pasok menjadi sebuah sistem yang baik untuk meningkatkan kinerja operasional.

2. Dasar teori dari SCM memiliki kekuatan dalam berbagai entitas yang terlibat dalam aliran rantai pasok.
3. SCM memiliki fokus untuk memenuhi kebutuhan dan harapan pelanggan.
4. Perkembangan teknologi dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan manajemen dan operasi.

2.3 Distribusi dan Transportasi

Distribusi diartikan sebagai proses pemilihan pusat distribusi yang optimal untuk memenuhi permintaan dari berbagai pabrik, dengan mempertimbangkan biaya dan kapasitas pusat distribusi (Ayid et al. 2024). Penelitian yang dilakukan oleh (Raicu et al. 2024) menyebutkan bahwa pengelolaan penyimpanan material/pegudangan perlu dilakukan agar barang dapat tersimpan dan didistribusikan dengan efisien. Strategi tersebut digunakan untuk perencanaan jangka panjang, seperti menentukan lokasi dan kapasitas gudang. Berdasarkan penelitian Boonmee et al. (2021) peran distribusi logistik material membantu dalam perencanaan dan pengelolaan aliran barang, terutama dalam situasi bencana, untuk memastikan pasokan dapat mencapai area terdampak dengan cepat dan efisien. Pemilihan lokasi distribusi dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai faktor, seperti kapasitas fasilitas, biaya transportasi, serta jarak dari titik permintaan, guna memaksimalkan efektivitas dan efisiensi dalam penyaluran bantuan.

2.4 Analisis Biaya Transportasi

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan biaya pengangkutan dari *supplier* ke gudang dan dari gudang ke perusahaan/IKM, dengan mempertimbangkan lokasi gudang yang lebih dekat untuk mengurangi biaya transportasi.

$$\text{Biaya Transportasi} = d \times \text{tarif per km} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

d = Jarak

Tarif per km = Biaya yang dikeluarkan per km

Analisis biaya transportasi dilakukan untuk membandingkan biaya logistik sebelum dan setelah adanya titik lokasi pusat/gudang distribusi material yang baru. Optimalisasi transportasi sangat penting karena biaya transportasi merupakan bagian yang signifikan dari total pengeluaran perusahaan dan secara langsung dapat mempengaruhi kinerja operasional (Ahmad et al. 2025 & Taban et al. 2024).

2.7.1 Biaya Tetap (*Fixed Cost*)

Biaya tetap tidak dipengaruhi oleh perubahan volume distribusi atau jumlah permintaan. Pada sistem distribusi pergudangan, *fixed cost* menjadi salah satu komponen penting dalam analisis kelayakan investasi karena biaya tetap akan mempengaruhi total biaya distribusi yang harus ditanggung perusahaan. Biaya operasional penyimpanan dapat meningkatkan dan mengevaluasi sistem kinerja SCM (Ma et al., 2013 & Chou et al., 2026). Pada penelitian ini *fixed cost* digunakan untuk menghitung total biaya operasional gudang distribusi meliputi biaya sewa gudang, gaji operator gudang, biaya listrik, biaya administrasi, dan biaya perawatan/kebersihan gedung. Nilai *fixed cost* kemudian digunakan pada analisis *payback period* untuk evaluasi kelayakan adanya gudang baru. *Fixed cost* dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$FC = C_1 + C_2 + C_3 \dots + C_n \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

FC = Total Fixed Cost

$C_n = \text{Component fixed cost}$

2.7.2 Biaya Tidak Tetap (*Variable Cost*)

Biaya tidak tetap (*variable cost*) merupakan biaya yang dapat berubah tergantung pada kebutuhan, misalnya adalah biaya transportasi yang tergantung pada jarak, waktu, dan konsumsi mesin, maupun daya kendaraan. Biaya tidak tetap muncul dari adanya fluktuasi penggunaan aktual (Zhou, Zhu, and Luo 2022). Menurut penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dordai & Roman (2026) dan Pereira et al. (2026) biaya tersebut menekankan bahwa terdapat ketidakpastian permintaan secara signifikan yang mempengaruhi keputusan pusat distribusi dan efisiensi biaya.

$$VC = V_1 + V_2 + V_3 \dots + V_n \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

$VC = \text{Total Variable Cost}$

$V_n = \text{Component Variable Cost}$

2.5 Demand Forecasting

Demand forecasting adalah proses peramalan permintaan untuk periode mendatang sebagai dasar pengambilan keputusan dalam aktivitas distribusi dan pengendalian persediaan. Peramalan permintaan memiliki peran penting dalam sistem distribusi, menentukan kapasitas distribusi, serta mengurangi ketidakpastian permintaan (Hewage, 2026). Menurut Ma et al. (2013) teknik *forecasting* banyak digunakan dalam sistem SCM karena memiliki kemudahan dalam penerapannya terhadap permintaan distribusi. Selain itu, *forecasting* berperan untuk mengurangi fluktuasi distribusi dan membantu pengambilan keputusan dalam sistem rantai pasok.

Pada metode *demand forecasting* digunakan pendekatan *Naïve*, MA, WMA, dan SES dalam penentuan eror terkecil untuk sebagai dasar perhitungan COG yang membutuhkan data *demand forecasting* material besi dalam satu tahun mendatang. *Demand forecasting* digunakan untuk memperkirakan *lead time demand* pada sistem distribusi dan persediaan lebih efektif. Pada penelitian ini, *demand forecasting* digunakan untuk memprediksi total kebutuhan distribusi IKM selama satu tahun. Hasil dari *forecasting* selanjutnya digunakan sebagai dasar dari analisis biaya distribusi dan perhitungan *payback period* pada skenario adanya gudang baru distribusi. Pada setiap perhitungan pendekatan *demand forecasting* dirumuskan sebagai berikut.

1. *Naïve*

$$F_{t+1} = A_t \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

F_{t+1} = peramalan periode berikutnya

A_t = data aktual periode sebelumnya

2. *Moving Average* (MA)

$$F_{t+1} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_{t-n+1}}{n} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

F_{t+1} = peramalan periode berikutnya

A_t = data aktual periode ke-t

n = jumlah periode rata-rata

3. *Weighted Moving Average* (WMA)

$$F_{t+1} = \frac{\sum(w_t A_t)}{\sum w_t} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

F_{t+1} = peramalan periode berikutnya

A_t = data aktual periode ke-t

w_t = bobot masing-masing periode

4. *Single Exponential Smoothing* (SES)

$$F_{t+1} = aA_t + (1 - a)F_t \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

F_{t+1} = peramalan periode berikutnya

a = konstanta *smoothing* ($0 < a < 1$)

A_t = data aktual periode ke-t

F_t = peramalan periode ke-t

5. *Mean Absolute Precentage Error* (MAPE)

Pada perhitungan MAPE, dilakukan perbandingan error yang paling kecil di antara metode *Naïve*, MA, WMA, dan SES. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi peramalan permintaan dalam bentuk persentase dan membandingkan performa antara metode peramalan. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung MAPE:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

A_t = data aktual periode ke-t

F_t = peramalan periode ke-t

n = jumlah periode pengamatan

$|A_t - F_t|$ = nilai absolut selisih antara data actual dan peramalan

2.6 Penentuan Titik Lokasi dengan *Center Of Gravity* (COG)

Menurut Aydin (2025) peran COG digunakan untuk menentukan kebijakan penentuan terbaik lokasi distribusi, gudang, atau pusat logistik guna meminimalkan biaya transportasi. Hal tersebut memungkinkan adanya perencanaan yang lebih baik untuk mitigasi risiko pada lokasi yang direncanakan. Perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan volume pengiriman, lokasi pelanggan, dan biaya logistik. COG membantu dalam mengidentifikasi lokasi terbaik untuk investasi dan peningkatan di industri, sehingga memungkinkan perusahaan menyusun kebijakan yang efisien terkait distribusi sumber daya serta pengembangan infrastruktur manufaktur (Zhang et al. 2012). Data yang dibutuhkan untuk menentukan lokasi dan jumlah gudang secara optimal meliputi:

1. Peta grid pada setiap wilayah untuk mendapatkan koordinat masing-masing daerah.
2. Data elemen biaya transportasi.
3. Data permintaan material setiap IKM.
4. Data peramalan permintaan material setiap IKM pada satu periode ke depan.
5. Data biaya tetap (*Fixed cost*).
6. Data biaya tidak tetap (*Variable cost*).
7. Data fungsi biaya transportasi dan biaya minimal setelah adanya lokasi gudang baru.

Setelah data diperoleh, maka dilakukan proses perhitungan/pengolahan data. Selanjutnya akan dilanjutkan dengan menghitung biaya transportasi dengan mempertimbangkan pembuatan gudang baru pada titik optimal yang diperoleh dan analisis kelayakan pembuatan gudang baru dengan metode *Payback period*.

2.7 Menghitung Titik Pusat Distribusi/Gudang Baru

Apabila telah dilakukan perhitungan *forecasting demand* material besi pada setiap IKM dengan asumsi kenaikan 5% per tahun, maka selanjutnya adalah menghitung COG.

$$\bar{x} = \sum \frac{(x_i d_i)}{d_i} \dots\dots\dots (9)$$

$$\bar{y} = \sum \frac{(y_i d_i)}{d_i} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan:

x_i = Koordinat x lokasi IKM

y_i = Koordinat y lokasi IKM

d_i = Jumlah permintaan pada lokasi IKM

Metode COG merupakan pendekatan analitis utama yang digunakan untuk menentukan lokasi gudang distribusi yang optimal. Penggunaan metode ini sebagai salah satu strategi manajemen rantai pasok yang dapat meningkatkan efisiensi operasional dengan mengevaluasi jaringan distribusi dan meminimalkan biaya transportasi (Boonmee et al. 2017). Penempatan gudang baru di titik yang terpusat dapat memberikan aliran distribusi yang lebih lancar dan menurunkan biaya transportasi secara signifikan (Muerza et al. 2024). Penelitian sebelumnya oleh Xiao et al. (2021) menunjukkan bahwa metode COG efektif dalam membantu perusahaan merumuskan kebijakan pemilihan lokasi untuk pusat distribusi, gudang, dan rantai pasokan untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya logistik.

2.8 Metode *Payback Period*

Payback periode menjadi metode analisis investasi yang digunakan untuk mengetahui jangka panjang waktu pengembalian biaya investasi berdasarkan keuntungan atau penghematan yang diperoleh setiap periode (Ibrahim et al., 2026). Metode ini

mengevaluasi kelayakan suatu investasi dengan cara membandingkan total biaya investasi terhadap penghematan yang diperoleh. (Mohsenpour et al., 2024). Pada penelitian ini, metode *payback period* untuk evaluasi kelayakan adanya gudang baru berdasarkan penghematan biaya distribusi yang diperoleh dari hasil metode COG. Analisis ini dilakukan dengan membandingkan total *fixed cost* operasional gudang terhadap biaya distribusi tahunan. Adapun rumus dari *payback period* adalah sebagai berikut:

$$PP = \frac{\text{Fixed Cost}}{\text{Saving cost tahunan}} \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan:

PP = *Payback Period*

Fixed Cost = Total biaya tetap

Saving cost tahunan = Total penghematan dalam satu tahun/tahunan

BAB III

METODE PENELITIAN

Objek pada penelitian ini adalah tujuh IKM produsen pisau yang membutuhkan material besi sebagai bahan pembuatan pisau di antaranya yaitu IKM Djawadi, IKM Giyanto, IKM Suratijan, IKM Doel, IKM AMW, IKM DL Jumaryono, dan IKM SDK . Berikut merupakan gambaran untuk metode penelitian.

3.1 Objek Penelitian

Pengambilan data objek penelitian akan dilakukan pada tujuh IKM sebagai produsen alat tani dan pisau yang berada di desa Gilangharjo, Bantul. IKM Djawadi, IKM Giyanto, IKM Suratijan, IKM Doel, IKM AMW, IKM DL Jumaryono, dan IKM SDK memproduksi berbagai macam alat tani dan pisau. Seluruh IKM membutuhkan supplier bahan besi untuk memproduksi alat tani dan pisau. Pemasok material dari ke tujuh IKM yang menjadi satu-satunya pemasok besi adalah Toko Marmin yang berada di Wonosari, Gunung Kidul. Penelitian dilakukan dengan objek jarak lokasi tujuh IKM tersebut dengan pusat material awal pemasok.

Permasalahan utama dari tujuh IKM tersebut adalah jarak antara IKM dengan pusat material untuk produksi terletak jauh dari IKM. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk upaya penentuan lokasi atau titik distribusi material produksi dengan tujuan mengoptimalkan dan mencapai biaya logistik yang rendah menggunakan metode COG dan analisis kelayakan pembuatan gudang baru dengan metode *Payback period* untuk dibandingkan dengan dua skenario yaitu sebelum dilakukan usulan gudang baru dengan adanya usulan gudang baru untuk mengetahui biaya transportasi yang rendah.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dari tujuh IKM di Desa Gilangharjo di antaranya yaitu IKM Djawadi, IKM Giyanto, IKM Suratijan, IKM Doel, IKM AMW, IKM DL Jumaryono, dan IKM SDK dilakukan pada bulan Februari 2025. Kebutuhan persiapan pengolahan data maka diperlukan pengumpulan data untuk menyelesaikan permasalahan yang terjadi di objek penelitian di antaranya yaitu:

1. Studi pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan cara menghimpun sumber dari jurnal, artikel, maupun literatur lainnya disebut studi pustaka. Studi literatur bertujuan untuk mengumpulkan sumber atau teori yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan.

2. Studi lapangan/Observasi

Studi lapangan meliputi kegiatan observasi dan wawancara sebagai tindakan/pengamatan secara langsung pada objek penelitian yaitu pada IKM AMW untuk melakukan pengumpulan data yang diperlukan. Hasil dari studi lapangan tersebut adalah dapat memperoleh data profil perusahaan, data titik/lokasi setiap IKM, data permintaan material, data jarak lokasi perusahaan ke lokasi pusat material awal, data biaya transportasi, dan biaya tidak tetap.

3.3 Analisis Data

Pada tahap ini, metode yang digunakan adalah metode COG dan metode *Payback period*. Ketika data sudah terkumpul dengan lengkap, maka akan dilakukan pengolahan dan analisis data. Pengolahan data dengan metode COG membutuhkan data biaya transportasi, data titik/lokasi setiap IKM, data permintaan material, data jarak lokasi IKM ke lokasi pusat material awal, dan biaya tidak tetap. Pada penelitian ini COG digunakan untuk memberikan usulan lokasi pusat material. Sehingga, berdasarkan pengolahan data akan diperoleh usulan

pembuatan gudang baru dengan mempertimbangkan skenario sebelum dilakukan usulan gudang baru dan setelah adanya usulan gudang baru dengan titik optimal. Selanjutnya, dilakukan analisis *Payback period* sebagai bahan pertimbangan dan pembanding untuk mengetahui apakah solusi pembuatan gudang baru layak digunakan atau dengan kondisi eksisting tanpa gudang.

3.4 Prosedur Penelitian

Berikut merupakan tahapan penelitian menggunakan metode COG dan *Payback Period*.

1. Demand Forecasting

Peramalan permintaan dilakukan untuk memprediksi permintaan material besi pada masing-masing IKM untuk periode satu tahun dengan asumsi kenaikan 5%. Hal tersebut sebagai pertimbangan untuk melakukan analisis kelayakan adanya pembuatan gudang baru melalui metode COG. Pada tahap perhitungan peramalan permintaan menggunakan metode atau pendekatan metode *Naïve*, MA, WMA, dan SES. Sehingga, hasil dari perhitungan peramalan permintaan dalam satu tahun ke depan, apabila terdapat titik optimal lokasi gudang baru yang telah diusulkan tidak hanya mempertimbangkan kondisi distribusi saat ini, namun mempertimbangkan kondisi distribusi di kondisi mendatang.

2. COG

Metode COG mempertimbangkan permintaan saat ini, peramalan permintaan mendatang, jarak lokasi IKM, dan biaya transportasi untuk menentukan lokasi yang optimal sebagai pusat distribusi material. Berdasarkan pernyataan tersebut, pemilihan lokasi akan ditentukan apabila jarak angkut membutuhkan biaya transportasi terkecil. Pada penelitian ini, metode COG digunakan setelah proses peramalan permintaan untuk satu tahun ke depan. Selanjutnya, lokasi hasil perhitungan COG digunakan untuk menghitung

total biaya transportasi distribusi, yaitu dari *supplier* menuju gedung dan dari gudang menuju masing-masing IKM. Hasil ini kemudian dibandingkan dengan kondisi eksisting untuk mengevaluasi efisiensi biaya distribusi.

3. Analisis biaya distribusi

Analisis biaya distribusi diperlukan beberapa elemen seperti bahan bakar (bensin), konsumsi oli mesin, pemakaian ban, suku cadang, dan kebutuhan konsumsi sopir. Adapun komponen yang digunakan dalam analisis biaya distribusi adalah *fixed cost* dan *variable cost*. Perhitungan *fixed cost* untuk mengetahui total biaya operasional gedung yang harus dikeluarkan apabila gudang baru direalisasikan sedangkan *variable cost* untuk menghitung biaya distribusi selama satu tahun mendatang berdasarkan perhitungan peramalan permintaan.

4. Penentuan Lokasi Pusat Distribusi Material

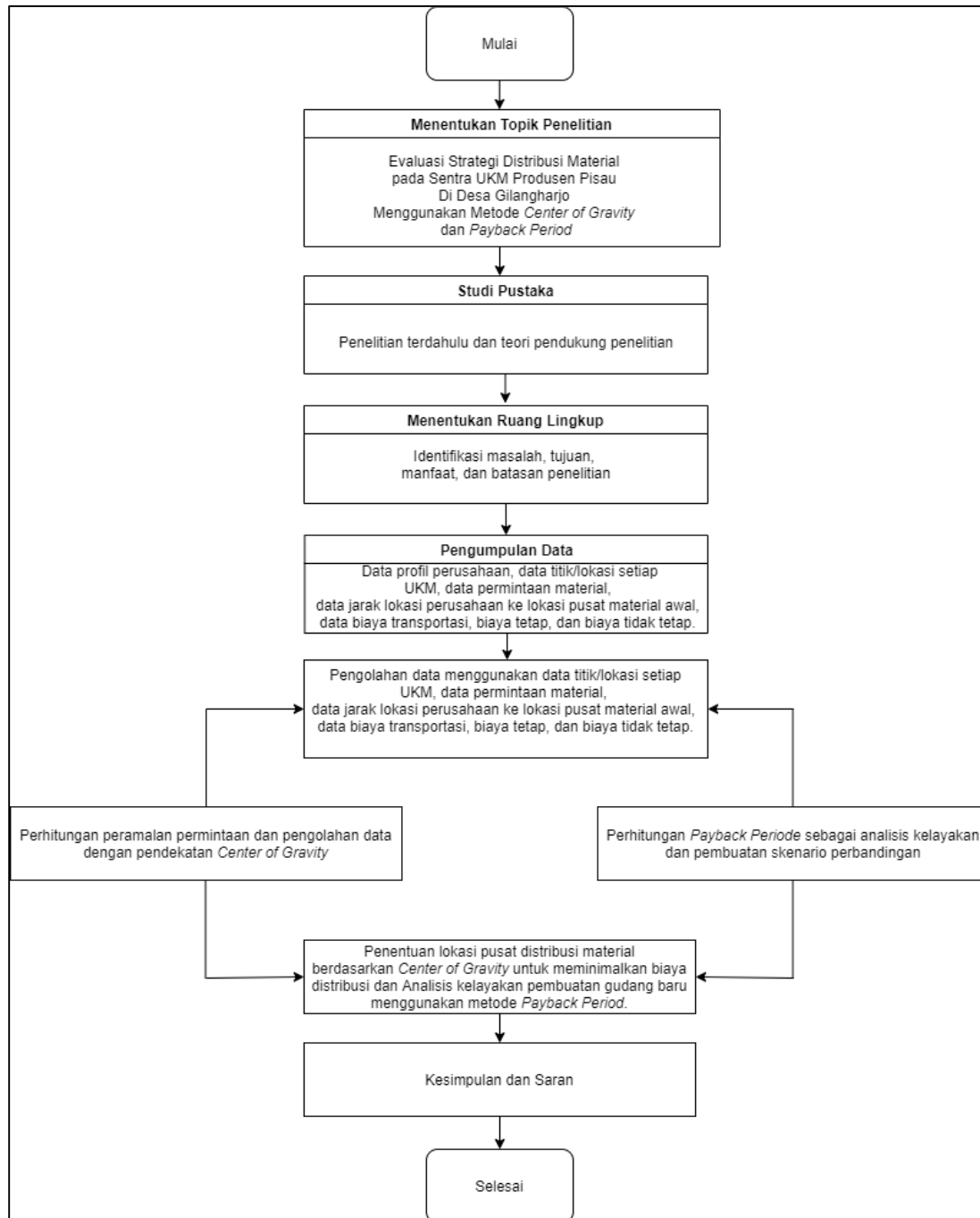
Sebelum menerapkan metode COG, perlu diketahui data terkait titik koordinat setiap daerah pemasaran, jumlah permintaan di masing-masing IKM, serta rincian biaya transportasi. Metode COG bertujuan untuk menentukan lokasi gudang yang optimal dengan mempertimbangkan banyaknya/bobot permintaan pada setiap IKM. Perhitungan dilakukan dengan mencari titik pusat gravitasi yang dapat meminimalkan total biaya transportasi distribusi.

Setelah memperoleh hasil titik optimal gudang baru, maka dilakukan perhitungan biaya transportasi dari *supplier* menuju gudang usulan dengan titik koordinat yang optimal dan dari gudang usulan tersebut menuju masing-masing IKM. Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan kondisi eksisting untuk evaluasi efisiensi sistem distribusi yang telah diusulkan.

5. Analisis Kelayakan Pembuatan Gudang Baru

Analisis kelayakan pembuatan gudang baru dilakukan sebagai bahan pertimbangan untuk kondisi saat ini maupun kondisi mendatang. Metode *Payback period* digunakan untuk mengetahui titik impas apabila pembuatan gudang baru dilakukan di titik optimal yang merupakan hasil dari perhitungan metode COG. Kemudian, hasil dari perhitungan *Payback period* sebagai evaluasi dan menjadikan adanya skenario dengan atau tanpa perlu pembuatan gudang baru. Setelah dilakukan skenario tanpa gudang sesuai kondisi saat ini dan skenario dengan gudang sesuai titik optimal dari perhitungan COG, maka menghasilkan berapa tahun akan ada titik impasnya untuk menutup biaya transportasi saat ini. oleh karena itu, maka akan diberikan solusi yang ditawarkan berdasarkan penelitian dan analisis yang dilakukan.

3.1 Diagram Alir



BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Proses Produksi Perusahaan

Adanya gambaran umum proses produksi perusahaan seluruh IKM yaitu IKM Djawadi, IKM Giyanto, IKM Suratijan, IKM Doel, IKM AMW, IKM DL Jumaryono, dan IKM SDK menggunakan proses produksi manufaktur dari material besi yang ditempa hingga menjadi produk jadi. *Supplier* material dari seluruh IKM ini adalah Toko Marmin yang berlokasi di Wonosari, Gunung kidul yang menyebabkan biaya transportasi tinggi. Sehingga, penelitian ini menggunakan metode COG untuk menentukan titik koordinat rencana gudang baru dan metode *Payback period* sebagai analisis kelayakan usulan adanya gudang baru.

4.1.1 Produksi IKM dan *Supplier*

Objek pada penelitian ini adalah IKM produsen alat tani dan pisau sebagai produk unggulan dan prioritasnya. IKM yang digunakan sebagai objek penelitian di antaranya adalah IKM Djawadi, IKM Giyanto, IKM Suratijan, IKM Doel, IKM AMW, IKM DL Jumaryono, dan IKM SDK. Proses produksi ketujuh IKM memerlukan material besi dengan rata-rata 5kg per hari. Material besi mentah kemudian dibakar hingga besi melunak dan mudah untuk ditempa. Penempaan besi tersebut membutuhkan setidaknya tiga orang. Satu orang sebagai empu dan dua orang sebagai tenaga pembantu menempa. Besi ditempa hingga membentuk produk jadi seperti alat tani dan berbagai jenis pisau.

Kebutuhan material dari beberapa IKM tersebut akan terpenuhi dengan adanya pemasok material. Toko material besi Marmin sebagai *supplier* yang terletak jauh dari IKM yaitu di Kecamatan Wonosari, Gunung Kidul, Yogyakarta. Toko Marmin adalah *supplier* besi yang memproduksi material langsung di pabrik milik pribadi. Material besi tersebut didistribusikan di seluruh pulau jawa termasuk ke daerah Kabupaten Bantul. Rata-rata jarak antara ke tujuh

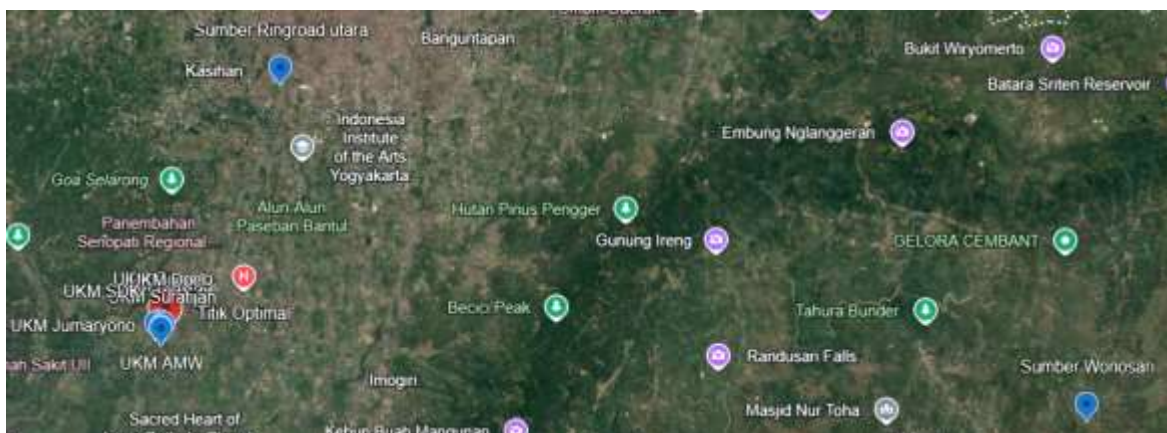
IKM dengan Toko Marmin yaitu sejauh 39km. Dengan jarak rata-rata 33,7km tentu dapat membebani ketujuh IKM dengan biaya yang tidak sedikit. Berdasarkan permasalahan tersebut maka penelitian ini merencanakan gudang baru sebagai pusat distribusi yang bertujuan untuk mendekatkan jarak antara gudang dengan distributor.

4.2 Hasil Analisis

Penelitian ini menggunakan metode COG dan *Payback period* dengan objek penelitian pada IKM Djawadi, IKM Giyanto, IKM Suratijan, IKM Doel, IKM AMW, IKM DL Jumaryono, dan IKM SDK, serta Toko Marmin sebagai *supplier* material ketujuh IKM tersebut. Berikut merupakan hasil analisis penelitian yang sudah dilakukan.

4.2.1 Pengumpulan Data Koordinat

Gambar di bawah ini merupakan sebaran distribusi wilayah Kabupaten Bantul dari Toko Marmin di antaranya adalah IKM Djawadi, IKM Giyanto, IKM Suratijan, IKM Doel, IKM AMW, IKM DL Jumaryono, dan IKM SDK yang berada di daerah yang sama yaitu di Kalurahan Gilangharjo.



Gambar 1 Peta Sebaran Distribusi di Desa Gilangharjo

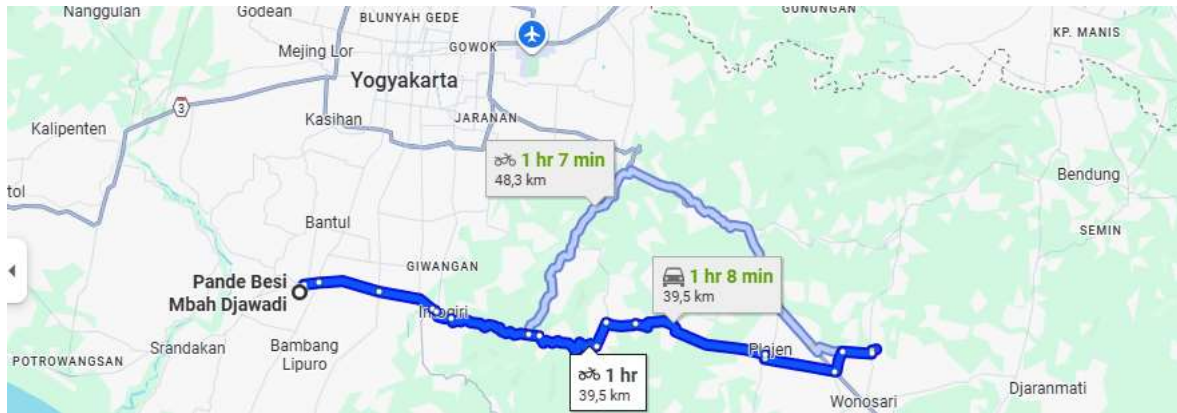
Pengumpulan data pada penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan cara diskusi dan pengumpulan data sekunder dari pihak Toko Marmin dan ketujuh IKM untuk wilayah Bantul. Data yang dihimpun antara lain jumlah IKM yang dicakup untuk wilayah Bantul, titik koordinat wilayah desa Gilangharjo, volume permintaan masing-masing IKM, data biaya transportasi, dan data biaya operasional.

Data titik koordinat IKM diperoleh dari data sekunder yang diberikan IKM dan *supplier*. *Latitude* adalah garis bujur mendatar yang disebut variabel (x), sedangkan *longitude* adalah garis bujur horizontal yang disebut variabel (y). terdapat tujuh IKM untuk wilayah Bantul. Pada tabel 4.1 merupakan data IKM dengan titik koordinat awal lokasi masing-masing IKM dan jarak dengan *supplier* material awal yaitu Toko Marmin dengan koordinat *longitude* (x) , 110,60743 dan *latitude* (y) -7,93863.

Tabel 4. 1 Titik koordinat awal IKM

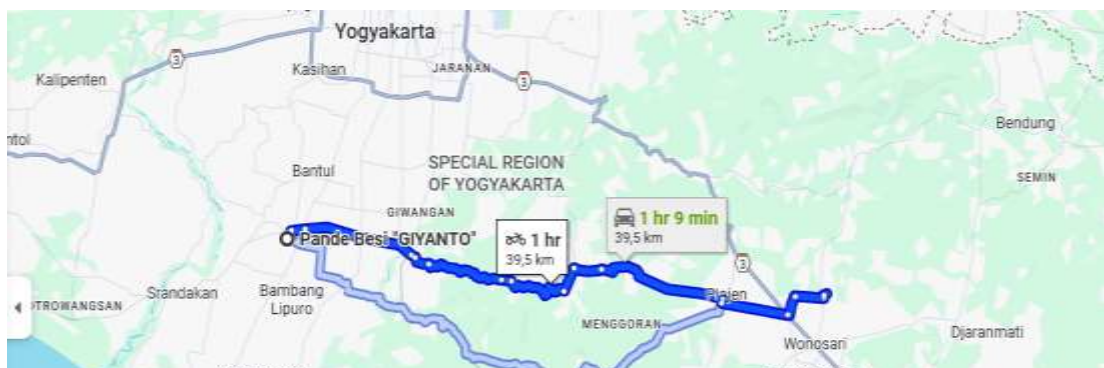
Nama IKM	<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>	Jarak dari IKM ke Distributor awal (Km)
IKM Djawadi	110,31227	-7,90837	39,5
IKM Giyanto	110,31164	-7,90613	39,5
IKM Suratijan	110,31138	-7,90941	39,5
IKM Doel	110,31294	-7,90653	39,3
IKM AMW	110,31138	-7,90992	39,2
IKM Jumaryono	110,30981	-7,90826	39,6
IKM SDK	110,31096	-7,90763	39

Berdasarkan uraian tabel 4.1 menjelaskan bahwa data titik koordinat *longitude* (x) dan *latitude* (y) dan jarak antara IKM dengan distributor material awal Toko Marmin. Gambar atau peta dari titik koordinat masing-masing IKM dan jarak IKM dengan distributor material awal Toko Marmin dapat dilihat pada peta di bawah ini dengan bantuan aplikasi *Google Maps*.



Gambar 2 Jarak IKM Djawadi ke Toko Marmin

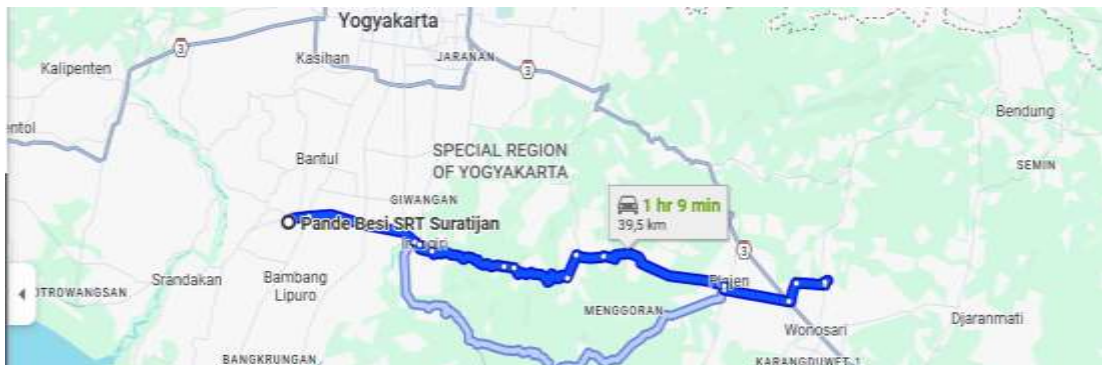
Berdasarkan gambar yang diperoleh dari *Google Maps*, jarak antara IKM Djawadi dengan lokasi *supplier* material awal yaitu Toko Marmin yang terletak di Kecamatan Wonosari didapatkan titik koordinat *latitude* (x) yaitu 110,31227 dan *longitude* (y) yaitu -7,90837. Titik koordinat tersebut menyatakan bahwa jarak antara IKM Djawadi dengan distributor awal yaitu Toko Marmin sejauh 39,5 km dengan estimasi waktu perjalanan 68 menit.



Gambar 3 Jarak IKM Giyanto ke Toko Marmin

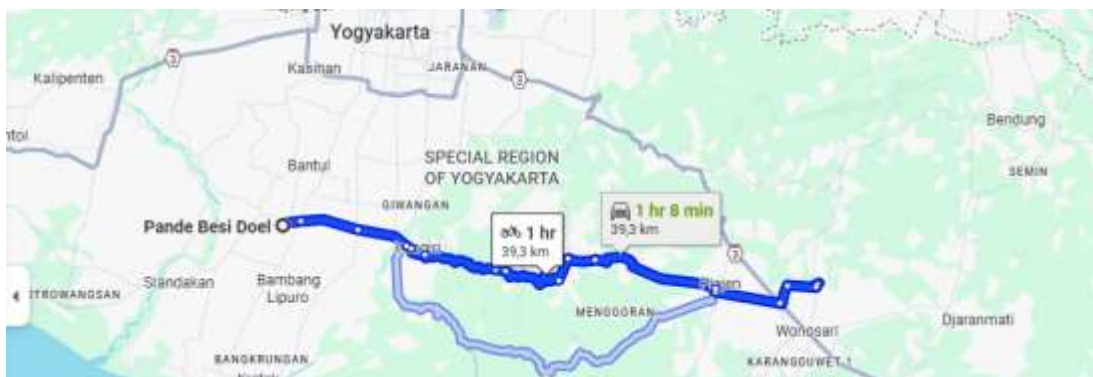
Gambar 3 menunjukkan jarak IKM Giyanto ke Toko Marmin yang diperoleh dari *Google Maps*, jarak antara IKM Giyanto dengan lokasi *supplier* material awal yaitu Toko Marmin yang terletak di Kecamatan Wonosari didapatkan titik koordinat *latitude* (x) yaitu 110,31164 dan *longitude* (y) yaitu -7,90613. Titik koordinat tersebut menyatakan bahwa jarak

antara IKM Giyanto dengan distributor awal yaitu Toko Marmin sejauh 39,5 km dengan estimasi waktu perjalanan 69 menit.



Gambar 4 Jarak IKM Suratijan ke Toko Marmin

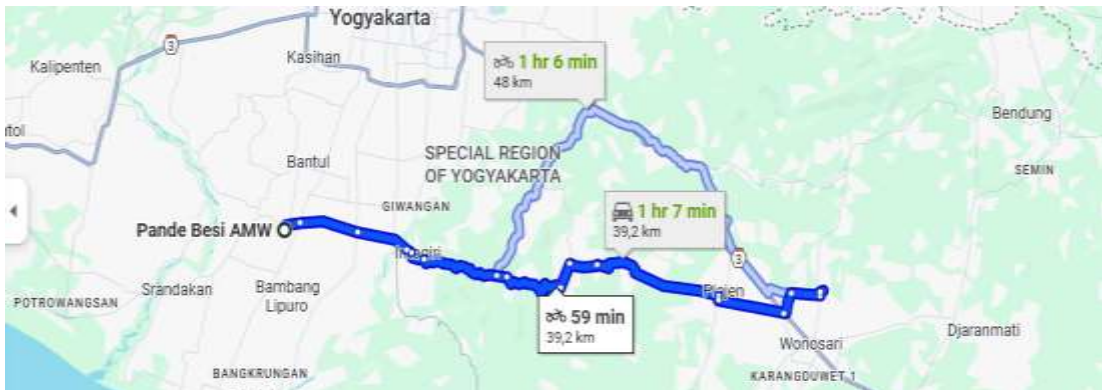
Gambar 4 menunjukkan jarak IKM Suratijan ke Toko Marmin yang diperoleh dari *Google Maps*, jarak antara IKM Suratijan dengan lokasi *supplier* material awal yaitu Toko Marmin yang terletak di Kecamatan Wonosari didapatkan titik koordinat *latitude* (x) yaitu 110,31138 dan *longitude* (y) yaitu -7,90941. Titik koordinat tersebut menyatakan bahwa jarak antara IKM Suratijan dengan distributor awal yaitu Toko Marmin sejauh 39,5 km dengan estimasi waktu perjalanan 69 menit.



Gambar 5 Jarak IKM Doel ke Toko Marmin

Gambar 5 menunjukkan jarak IKM Doel ke Toko Marmin yang diperoleh dari *Google Maps*, jarak antara IKM Doel dengan lokasi *supplier* material awal yaitu Toko Marmin yang

terletak di Kecamatan Wonosari didapatkan titik koordinat *latitude* (x) yaitu 110,31294 dan *longitude* (y) yaitu -7,90653. Titik koordinat tersebut menyatakan bahwa jarak antara IKM Doel dengan distributor awal yaitu Toko Marmin sejauh 39,3 km dengan estimasi waktu perjalanan 68 menit.



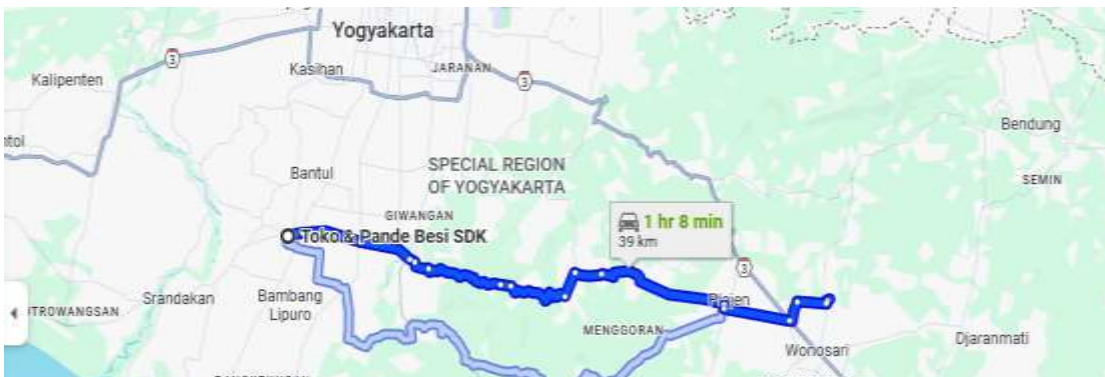
Gambar 6 Gambar Jarak IKM AMW ke Toko Marmin

Gambar selanjutnya yaitu jarak IKM AMW ke Toko Marmin yang diperoleh dari *Google Maps*, jarak antara IKM AMW dengan lokasi *supplier* material awal yaitu Toko Marmin yang terletak di Kecamatan Wonosari didapatkan titik koordinat *latitude* (x) 110,31138 yaitu dan *longitude* (y) yaitu -7,90992. Titik koordinat tersebut menyatakan bahwa jarak antara IKM AMW dengan distributor awal yaitu Toko Marmin sejauh 39,2 km dengan estimasi waktu perjalanan 67 menit.



Gambar 7 Jarak IKM DL Jumaryono ke Toko Marmin

Gambar selanjutnya yaitu jarak IKM DL Jumaryono ke Toko Marmin yang diperoleh dari *Google Maps*, jarak antara IKM DL Jumaryono dengan lokasi *supplier* material awal yaitu Toko Marmin yang terletak di Kecamatan Wonosari didapatkan titik koordinat *latitude* (x) yaitu 110,30981 dan *longitude* (y) yaitu -7,90826. Titik koordinat tersebut menyatakan bahwa jarak antara IKM DL Jumaryono dengan distributor awal yaitu Toko Marmin sejauh 39,6 km dengan estimasi waktu perjalanan 69 menit.



Gambar 8 Jarak IKM SDK ke Toko Marmin

Gambar selanjutnya yaitu jarak IKM SDK ke Toko Marmin yang diperoleh dari *Google Maps*, jarak antara IKM SDK dengan lokasi *supplier* material awal yaitu Toko Marmin yang terletak di Kecamatan Wonosari didapatkan titik koordinat *latitude* (x) yaitu 110,31096 dan *longitude* (y) yaitu -7,90763. Titik koordinat tersebut menyatakan bahwa jarak antara IKM SDK dengan distributor awal yaitu Toko Marmin sejauh 39 km dengan estimasi waktu perjalanan 68 menit.

Data yang digunakan selanjutnya adalah volume permintaan. Volume permintaan setiap IKM adalah banyaknya permintaan material untuk setiap IKM yang memiliki variasi permintaan yang berbeda dengan satuan kilogram material besi. Data permintaan masing-

masing IKM diperoleh dari data sekunder yang diberikan oleh perusahaan yang dapat dilihat pada tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4. 2 Data permintaan material dan koordinat lokasi masing-masing IKM

Nama IKM	<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>	Permintaan perminggu (Kg)
IKM Djawadi	110,31227	-7,90837	25
IKM Giyanto	110,31164	-790613	25
IKM Suratijan	110,31138	-7,90941	25
IKM Doel	110,31294	-7,90653	25
IKM AMW	110,31138	-7,90992	35
IKM DL Jumaryono	110,30981	-7,90826	35
IKM SDK	110,31096	-7,90763	30

Tabel 4. 3 Data aktual permintaan material tahun 2025

Periode	IKM Djawadi	IKM Giyanto	IKM Suratijan	IKM Doel	IKM AMW	IKM Jumaryono	IKM SDK
Januari	100	100	100	100	140	140	120
Februari	100	100	100	100	120	100	100
Maret	120	120	80	100	100	100	100
April	100	120	120	80	100	100	100
Mei	120	80	100	120	120	120	120
Juni	100	100	120	120	120	100	100
Juli	80	100	100	100	120	120	120
Agustus	120	120	80	100	100	100	100
September	120	80	100	120	120	120	120
Oktober	80	100	100	100	120	120	120
November	120	120	80	100	100	100	100
Desember	120	80	100	120	120	120	120
Total	1280	1220	1180	1260	1380	1340	1320

Setelah diperoleh data titik koordinat IKM dan data permintaan untuk masing-masing IKM wilayah Bantul. Toko marmin memenuhi permintaan seluruh IKM untuk jangka waktu satu tahun. Dalam jangka waktu satu tahun, IKM IKM Djawadi membutuhkan material besi sebanyak 1.280kg, IKM Giyanto sebanyak 1.220kg, IKM Suratijan sebanyak 1.180kg, IKM Doel sebanyak 1.260kg, IKM AMW sebanyak 1.380kg, IKM DL Jumaryono sebanyak 1.340kg, dan IKM SDK sebanyak 1.320 kg.

4.2.2 Perhitungan *Demand Forecasting*

Demand forecasting dilakukan untuk memperkirakan kebutuhan material besi IKM pada periode mendatang. Hasil forecasting digunakan sebagai dasar dalam perhitungan kebutuhan distribusi dan penentuan lokasi gudang menggunakan COG. Pada penelitian ini digunakan metode/pendekatan *Naïve*, MA, WMA, dan SES dengan ditentukan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) terkecil/*error* terkecil karena mampu menunjukkan tingkat kesalahan hasil peramalan dalam bentuk presentase. Sehingga, lebih mudah diinterpretasikan dan dibandingkan antar metode peramalan. Selain itu, MAPE dapat menggambarkan tingkat akurasi metode peramalan terhadap data actual secara lebih jelas. Metode peramalan dengan nilai MAPE terkecil akan dipilih sebagai metode terbaik karena memiliki tingkat kesalahan prediksi paling rendah dibandingkan metode lainnya.

1. *Naïve*

Metode *Naïve* adalah metode yang paling sederhana yang menggunakan data actual periode sebelumnya sebagai prediksi periode berikutnya. Berikut merupakan hasil perhitungan peramalan permintaan satu tahun mendatang menggunakan metode *Naïve* pada IKM Djawadi.

Tabel 4. 4 *Demand Forecasting* metode *Naïve* tahun 2025

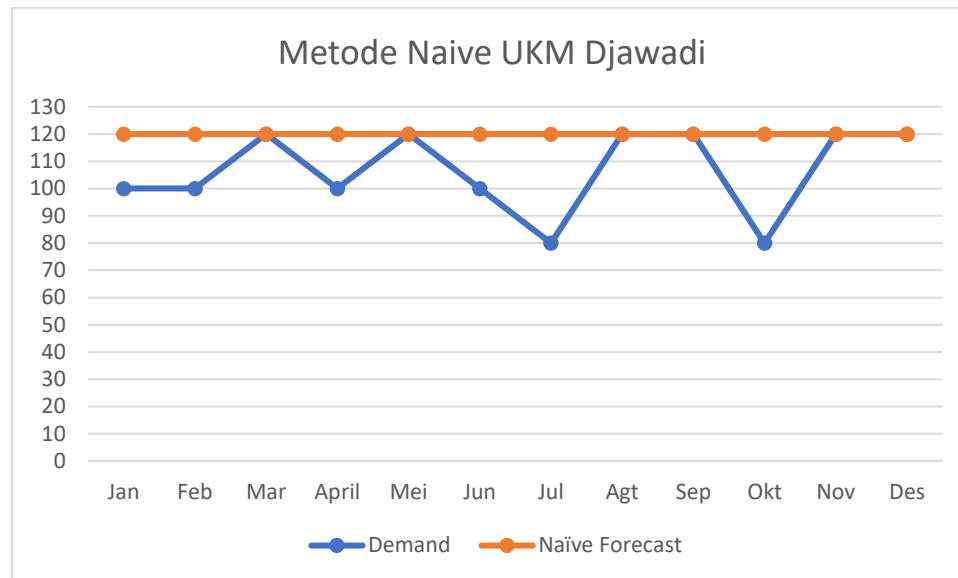
IKM Djawadi							
2025	<i>Period</i>	<i>Demand</i>	<i>Naïve Forecast</i>	<i>Error</i>	<i>Absolute Error</i>	<i>Squared Error</i>	<i>Absolute Percentage Error</i>
	Jan	100					
	Feb	100	100	0	0	0	0,00
	Mar	120	100	20	20	400	16,67
	April	100	120	-20	20	400	20,00
	Mei	120	100	20	20	400	16,67
	Jun	100	120	-20	20	400	20,00
	Jul	80	100	-20	20	400	25,00
	Agt	120	80	40	40	1600	33,33
	Sep	120	120	0	0	0	0,00
	Okt	80	120	-40	40	1600	50,00
	Nov	120	80	40	40	1600	33,33
	Des	120	120	0	0	0	0,00

Tabel 4. 5 *Demand Forecasting* metode *Naïve* tahun 2026

IKM Djawadi		
2026	<i>Period</i>	<i>Naïve Forecast</i>
	Jan	120
	Feb	120
	Mar	120
	April	120
	Mei	120
	Jun	120
	Jul	120
	Agt	120
	Sep	120
	Okt	120
	Nov	120
	Des	120
	Total	1.440

Tabel 4. 6 Perbandingan Nilai *Error*

MAP	MSE	MAPE
20	618	19,55



Gambar 9 Grafik Metode *Naive* IKM Djawadi

Data yang diperoleh dari data aktual pada tahun 2025 kemudian diolah menggunakan metode *Naive forecasting* untuk meramalkan satu tahun mendatang dan menghasilkan grafik yang menunjukkan bahwa permintaan material memiliki pola yang stabil dari periode Januari hingga Desember. Keadaan tersebut dapat disimpulkan bahwa jarak atau jeda dari periode pertama ke periode selanjutnya tidak menimbulkan pergeseran grafik yang signifikan.

2. *Moving Average* (MA)

Metode MA menggunakan rata-rata beberapa periode terakhir untuk memprediksi permintaan pada periode berikutnya. Berikut merupakan hasil perhitungan peramalan permintaan satu tahun mendatang menggunakan metode MA pada IKM Djawadi

Tabel 4. 7 *Demand Forecasting* metode MA tahun 2025

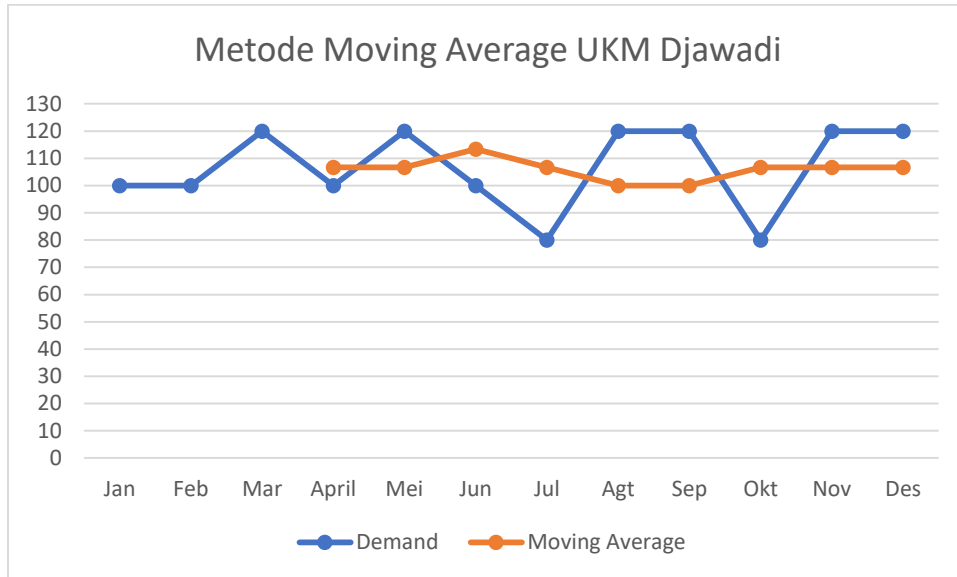
IKM Djawadi							
2025	<i>Period</i>	<i>Demand</i>	<i>Moving Average</i>	<i>Error</i>	<i>Absolute Error</i>	<i>Squared Error</i>	<i>Absolute Percentage Error</i>
	Jan	100					
	Feb	100		100	100	10000	100,00
	Mar	120		120	120	14400	100,00
	April	100	107	-7	7	44	6,67
	Mei	120	107	13	13	178	11,11
	Jun	100	113	-13	13	178	13,33
	Jul	80	107	-27	27	711	33,33
	Agt	120	100	20	20	400	16,67
	Sep	120	100	20	20	400	16,67
	Okt	80	107	-27	27	711	33,33
	Nov	120	107	13	13	178	11,11
	Des	120	107	13	13	178	11,11

Tabel 4. 8 *Demand Forecasting* metode MA tahun 2026

IKM Djawadi			
2026	<i>Period</i>	<i>Demand</i>	<i>Moving Average</i>
	Jan	107	107
	Feb	116	116
	Mar	114	114
	April	112	112
	Mei	114	114
	Jun	113	113
	Jul	113	113
	Agt	113	113
	Sep	113	113
	Okt	113	113
	Nov	113	113
	Des	113	113
	Total		1.356

Tabel 4. 9 Perbandingan Nilai *Error*

MAP	MSE	MAPE
34	2489	32,12



Gambar 10 Metode MA IKM Djawadi

Data yang telah diolah dari data aktual tahun 2025 dan dengan peramalan satu tahun mendatang menggunakan metode MA dapat dilihat pada grafik gambar di atas yang memberikan pergerakan yang tenang dan stabil atau *smooth*. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa data peramalan permintaan material satu tahun mendatang adalah tergolong stabil.

3. *Weighted Moving Average* (WMA)

Metode WMA merupakan pengembangan dari metode MA dengan memberikan bobot lebih besar pada data baru dengan prediksi tiga periode. Berikut merupakan hasil perhitungan peramalan permintaan satu tahun mendatang menggunakan metode WMA pada IKM Djawadi.

Tabel 4. 10 *Demand Forecasting* metode *WMA* tahun 2025

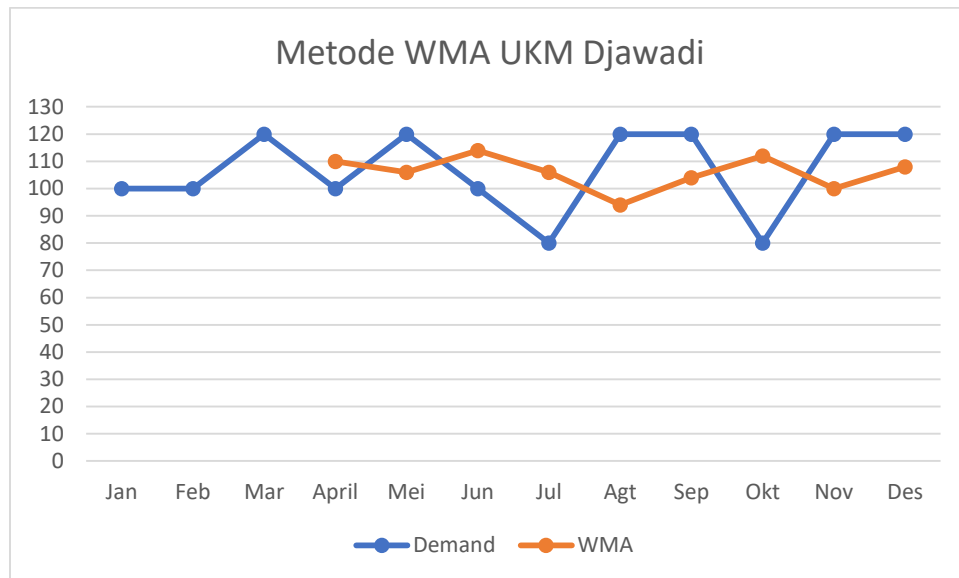
IKM Djawadi							
2025	<i>Period</i>	<i>Demand</i>	<i>WMA</i>	<i>Error</i>	<i>Absolute Error</i>	<i>Squared Error</i>	<i>Absolute Percentage Error</i>
	Jan	100					
	Feb	100		100	100	10000	100,00
	Mar	120		120	120	14400	100,00
	April	100	110	-10	10	100	10,00
	Mei	120	106	14	14	196	11,67
	Jun	100	114	-14	14	196	14,00
	Jul	80	106	-26	26	676	32,50
	Agt	120	94	26	26	676	21,67
	Sep	120	104	16	16	256	13,33
	Okt	80	112	-32	32	1024	40,00
	Nov	120	100	20	20	400	16,67
	Des	120	108	12	12	144	10,00

Tabel 4. 11 *Demand Forecasting* metode *WMA* tahun 2026

IKM Djawadi			
2026	<i>Period</i>	<i>Demand</i>	<i>WMA</i>
	Jan	112	112
	Feb	116	116
	Mar	116	116
	April	115	115
	Mei	115	115
	Jun	115	115
	Jul	115	115
	Agt	115	115
	Sep	115	115
	Okt	115	115
	Nov	115	115
	Des	115	115
	Total		1.381

Tabel 4. 12 Perbandingan Nilai *Error*

MAP	MSE	MAPE
35	2552	33,62



Gambar 11 Metode WMA IKM Djawadi

Data yang telah diolah dari data aktual tahun 2025 dan dengan peramalan satu tahun mendatang menggunakan metode WMA dapat dilihat pada grafik gambar di atas yang memberikan pergerakan yang tenang dan stabil atau smooth. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa data peramalan permintaan material satu tahun mendatang adalah tergolong stabil.

4. *Single Exponential Smoothing (SES)*

Metode SES menggunakan data actual sebelumnya dan dinilai dengan *smoothing constant* nilai alpha $\alpha=2$ untuk menghasilkan prediksi periode berikutnya. Berikut merupakan hasil perhitungan peramalan permintaan satu tahun mendatang menggunakan metode SES pada IKM Djawadi.

Tabel 4. 13 *Demand Forecasting* metode SES tahun 2025

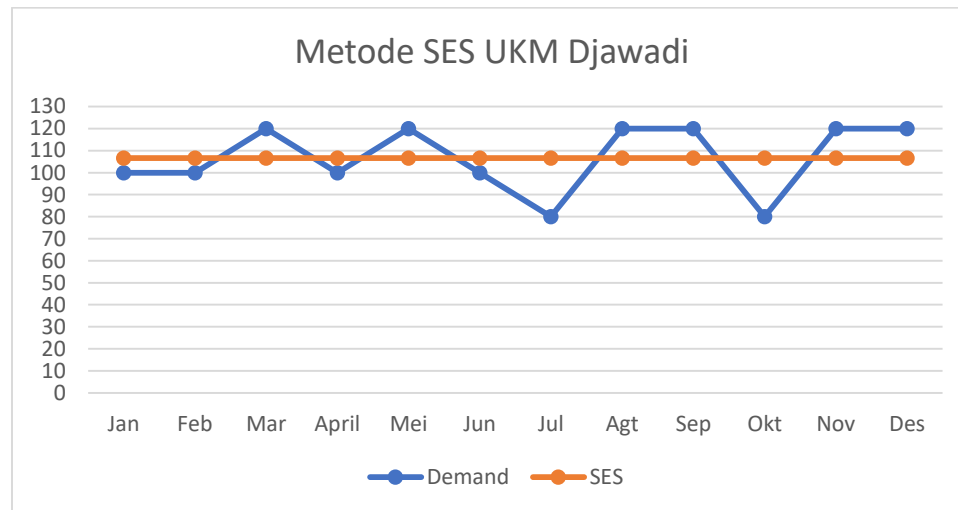
IKM Djawadi							
2025	<i>Period</i>	<i>Demand</i>	<i>SES</i>	<i>Error</i>	<i>Absolute Error</i>	<i>Squared Error</i>	<i>Absolute Percentage Error</i>
	Jan	100	100				
	Feb	100	100	0	0	0	0,00
	Mar	120	100	20	20	400	16,67
	April	100	104	0	0	0	0,00
	Mei	120	103	17	17	282	14,00
	Jun	100	107	-7	7	43	6,56
	Jul	80	105	-25	25	637	31,56
	Agt	120	100	20	20	392	16,50
	Sep	120	104	16	16	251	13,20
	Okt	80	107	-27	27	747	34,16
	Nov	120	102	18	18	329	15,12
	Des	120	105	15	15	211	12,09

Tabel 4. 14 *Demand Forecasting* metode SES tahun 2026

IKM Djawadi			
2026	<i>Period</i>	<i>Demand</i>	<i>SES</i>
	Jan	108	108
	Feb	108	108
	Mar	108	108
	April	108	108
	Mei	108	108
	Jun	108	108
	Jul	108	108
	Agt	108	108
	Sep	108	108
	Okt	108	108
	Nov	108	108
	Des	108	108
	Total		1.301

Tabel 4. 15 Perbandingan Nilai *Error*

MAP	MSE	MAPE
15	299	14,53



Gambar 12 Metode SES IKM Djawadi

Data yang diperoleh dari data aktual pada tahun 2025 kemudian diolah menggunakan metode SES untuk meramalkan satu tahun mendatang dan menghasilkan grafik yang menunjukkan bahwa permintaan material memiliki pola yang stabil dari periode Januari hingga Desember. Keadaan tersebut dapat disimpulkan bahwa jarak atau jeda dari periode pertama ke periode selanjutnya tidak menimbulkan pergeseran grafik yang signifikan.

Berdasarkan hasil forecasting, total kebutuhan material besi pada IKM Djawadi sebagai contoh mengalami peningkatan pada satu tahun ke depan yaitu dari 1.280kg/tahun menjadi sebesar 1.440 kg/tahun pada metode peramalan *Naïve*. Kemudian, pada metode MA mengalami peningkatan menjadi 1.356kg/tahun, pada metode WMA mengalami peningkatan menjadi 1.381kg/tahun, dan pada metode SES mengalami peningkatan menjadi sebesar 1.301kg/tahun. Adanya kenaikan tersebut menunjukkan bahwa terdapat potensi peningkatan aktivitas produksi dan distribusi pada periode mendatang. Pada penentuan metode yang dipilih

untuk sebagai data permintaan pada rumus COG, dipilih nilai MAPE atau eror terkecil. Pada hasil pengolahan data, IKM Djawadi, IKM Giyanto, IKM Suratijan, dan IKM memiliki MAPE terkecil pada metode SES. Sedangkan, IKM AMW dan DL Jumaryono memiliki nilai MAPE terkecil pada metode *Naïve*. Hasil *forecasting* ini kemudian digunakan sebagai dasar pembobotan pada metode COG. Sehingga, lokasi gudang yang diusulkan tidak hanya mempertimbangkan kondisi distribusi saat ini, namun mempertimbangkan kondisi distribusi di masa mendatang. Berikut merupakan data tabel dan grafik pada IKM Djawadi, IKM Giyanto, IKM Suratijan, dan IKM memiliki MAPE terkecil pada metode SES, dan IKM AMW, serta DL Jumaryono memiliki nilai MAPE terkecil pada metode *Naïve*.

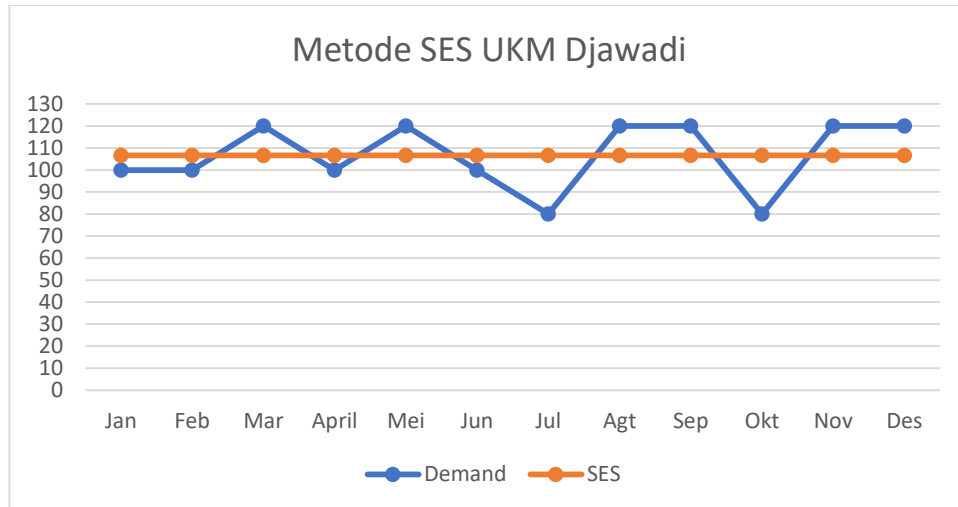
1. Metode SES pada IKM Djawadi

Tabel 4. 16 Metode SES pada IKM Djawadi

IKM Djawadi		
<i>Period</i>	<i>Demand</i>	SES
Jan	100	107
Feb	100	107
Mar	120	107
April	100	107
Mei	120	107
Jun	100	107
Jul	80	107
Agt	120	107
Sep	120	107
Okt	80	107
Nov	120	107
Des	120	107
Total		1.284

Tabel 4. 17 Perbandingan Nilai *Error*

MAP	MSE	MAPE
14,93	299,28	14,53



Gambar 13 Metode SES IKM Djawadi

Data yang diperoleh dari data aktual pada tahun 2025 kemudian diolah menggunakan metode SES untuk meramalkan satu tahun mendatang dan menghasilkan grafik yang menunjukkan bahwa permintaan material memiliki pola yang stabil dari periode Januari hingga Desember. Keadaan tersebut dapat disimpulkan bahwa jarak atau jeda dari periode pertama ke periode selanjutnya tidak menimbulkan pergeseran grafik yang signifikan.

2. Metode SES pada IKM Giyanto

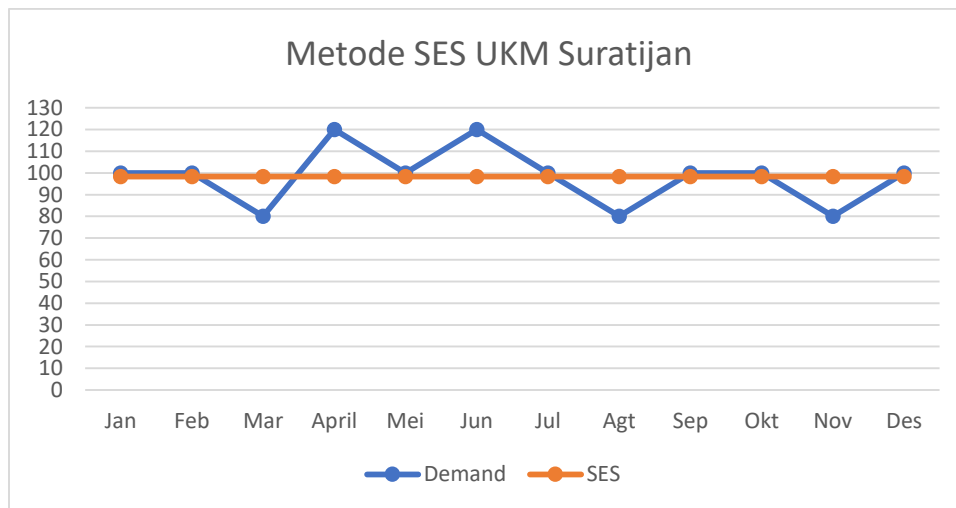
Tabel 4. 18 Metode SES pada IKM Giyanto

IKM Giyanto		
<i>Period</i>	<i>Demand</i>	SES
Jan	100	102
Feb	100	102
Mar	120	102
April	120	102
Mei	80	102
Jun	100	102
Jul	100	102
Agt	120	102
Sep	80	102
Okt	100	102

IKM Giyanto		
Nov	120	102
Des	80	102
Total		1.224

Tabel 4. 19 Perbandingan Nilai *Error*

MAP	MSE	MAPE
14,02	304,85	14,92



Gambar 14 Metode SES IKM Suratijan

Data yang diperoleh dari data aktual pada tahun 2025 kemudian diolah menggunakan metode SES untuk meramalkan satu tahun mendatang dan menghasilkan grafik yang menunjukkan bahwa permintaan material memiliki pola yang stabil dari periode Januari hingga Desember. Keadaan tersebut dapat disimpulkan bahwa jarak atau jeda dari periode pertama ke periode selanjutnya tidak menimbulkan pergeseran grafik yang signifikan.

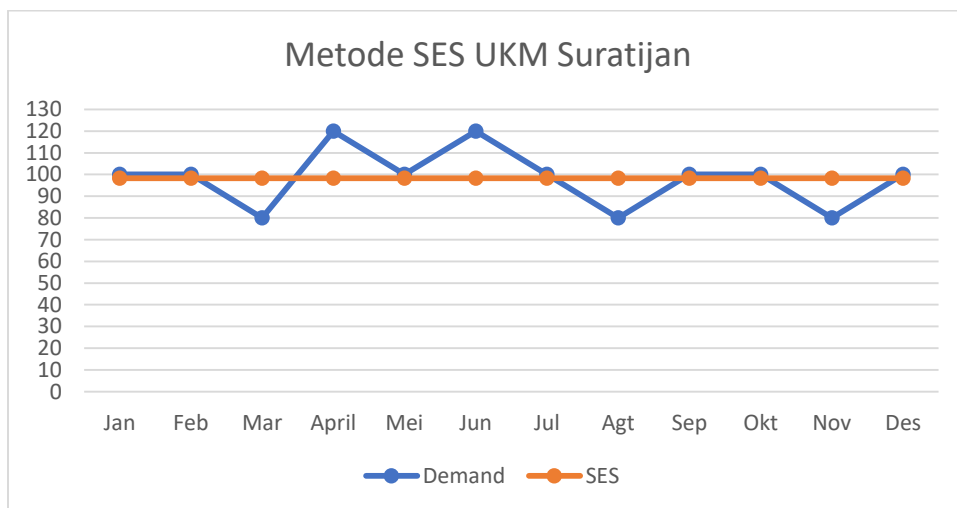
3. Metode SES pada IKM Suratijan

Tabel 4. 20 Metode SES pada IKM Suratijan

IKM Suratijan		
<i>Period</i>	<i>Demand</i>	SES
Jan	100	98
Feb	100	98
Mar	80	98
April	120	98
Mei	100	98
Jun	120	98
Jul	100	98
Agt	80	98
Sep	100	98
Okt	100	98
Nov	80	98
Des	100	98
Total		1.176

Tabel 4. 21 Perbandingan Nilai *Error*

MAP	MSE	MAPE
10,38	195,29	11,21



Gambar 15 Metode SES IKM Suratijan

Data yang diperoleh dari data aktual pada tahun 2025 kemudian diolah menggunakan metode SES untuk meramalkan satu tahun mendatang dan menghasilkan grafik yang menunjukkan bahwa permintaan material memiliki pola yang stabil dari periode Januari hingga Desember. Keadaan tersebut dapat disimpulkan bahwa jarak atau jeda dari periode pertama ke periode selanjutnya tidak menimbulkan pergeseran grafik yang signifikan.

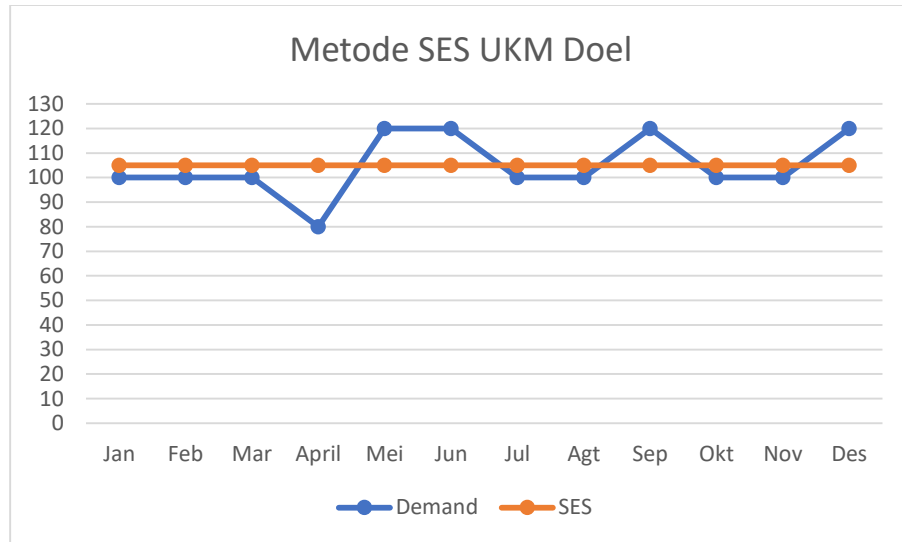
4. Metode SES pada IKM Doel

Tabel 4. 22 Metode SES pada IKM Doel

IKM Doel		
<i>Period</i>	<i>Demand</i>	SES
Jan	100	105
Feb	100	105
Mar	100	105
April	80	105
Mei	120	105
Jun	120	105
Jul	100	105
Agt	100	105
Sep	120	105
Okt	100	105
Nov	100	105
Des	120	105
Total		1.260

Tabel 4. 23 Perbandingan Nilai *Error*

MAP	MSE	MAPE
10,54	180,92	9,84



Gambar 16 Grafik Metode SES IKM Doel

Data yang diperoleh dari data aktual pada tahun 2025 kemudian diolah menggunakan metode SES untuk meramalkan satu tahun mendatang dan menghasilkan grafik yang menunjukkan bahwa permintaan material memiliki pola yang stabil dari periode Januari hingga Desember. Keadaan tersebut dapat disimpulkan bahwa jarak atau jeda dari periode pertama ke periode selanjutnya tidak menimbulkan pergeseran grafik yang signifikan.

5. Metode SES pada IKM SDK

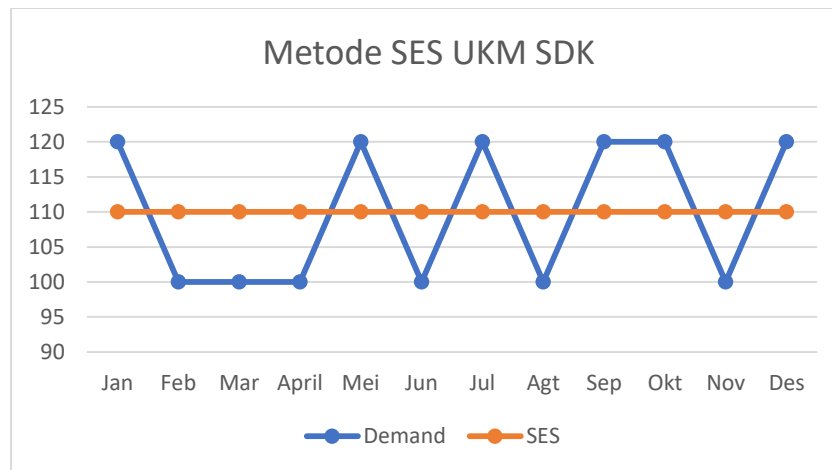
Tabel 4. 24 Metode SES pada IKM SDK

IKM SDK		
<i>Period</i>	<i>Demand</i>	SES
Jan	120	110
Feb	100	110
Mar	100	110
April	100	110
Mei	120	110
Jun	100	110
Jul	120	110
Agt	100	110
Sep	120	110
Okt	120	110

IKM SDK		
Nov	100	110
Des	120	110
Total		1320

Tabel 4. 25 Perbandingan Nilai *Error*

MAP	MSE	MAPE
12	160	12,14



Gambar 17 Grafik Metode SES IKM SDK

Data yang diperoleh dari data aktual pada tahun 2025 kemudian diolah menggunakan metode SES untuk meramalkan satu tahun mendatang dan menghasilkan grafik yang menunjukkan bahwa permintaan material memiliki pola yang stabil dari periode Januari hingga Desember. Keadaan tersebut dapat disimpulkan bahwa jarak atau jeda dari periode pertama ke periode selanjutnya tidak menimbulkan pergeseran grafik yang signifikan.

6. Metode *Naïve* pada IKM AMW

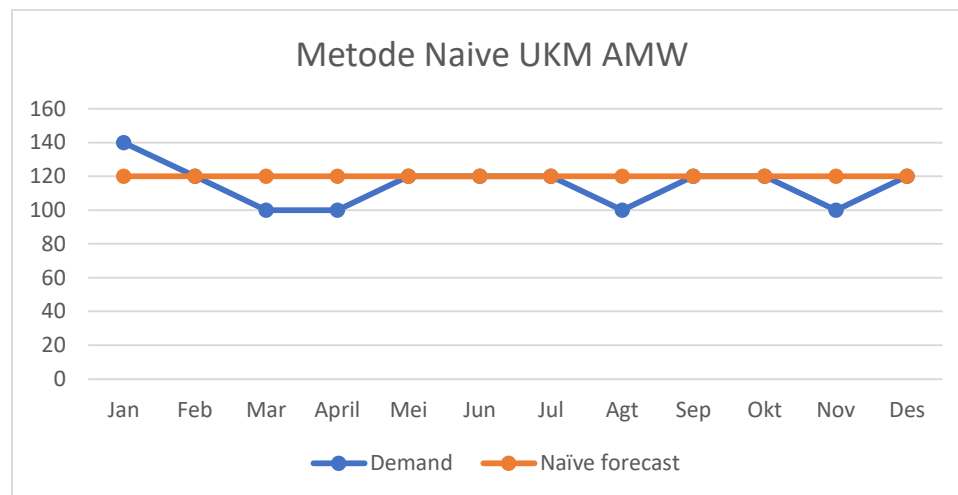
Tabel 4. 26 Metode *Naïve* pada IKM AMW

IKM AMW			
2026	<i>Period</i>	<i>Demand</i>	<i>Naïve forecast</i>
	Jan	140	120
	Feb	120	120
	Mar	100	120

IKM AMW			
	April	100	120
	Mei	120	120
	Jun	120	120
	Jul	120	120
	Agt	100	120
	Sep	120	120
	Okt	120	120
	Nov	100	120
	Des	120	120
	Total		1.440

Tabel 4. 27 Perbandingan Nilai *Error*

MAP	MSE	MAPE
13	255	11,52



Gambar 18 Grafik Metode *Naive* IKM AMW

Pada pemilihan metode *Naive* menggunakan MAPE terkecil IKM AMW yaitu sebesar 11,52%. Data yang diperoleh dari data aktual pada tahun 2025 kemudian diolah menggunakan metode *Naive forecasting* untuk meramalkan satu tahun mendatang dan menghasilkan grafik yang menunjukkan bahwa permintaan material memiliki pola yang stabil dari periode Januari hingga Desember. Keadaan tersebut dapat disimpulkan bahwa

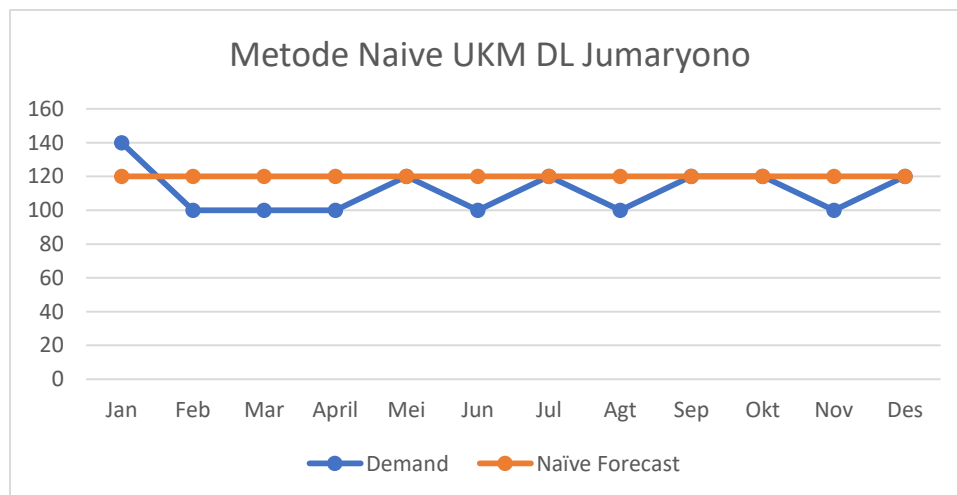
jarak atau jeda dari periode pertama ke periode selanjutnya tidak menimbulkan pergeseran grafik yang signifikan.

7. Metode *Naïve* pada IKM DL Jumaryono

IKM DL Jumaryono			
	<i>Period</i>	<i>Demand</i>	<i>Naïve Forecast</i>
2026	Jan	140	120
	Feb	100	120
	Mar	100	120
	April	100	120
	Mei	120	120
	Jun	100	120
	Jul	120	120
	Agt	100	120
	Sep	120	120
	Okt	120	120
	Nov	100	120
	Des	120	120
Total			1.440

Tabel 4. 28 Perbandingan Nilai *Error*

MAP	MSE	MAPE
16	400	15,15



Pada pemilihan metode *Naïve* menggunakan MAPE terkecil IKM DL Jumaryono yaitu sebesar 15,15%. Data yang diperoleh dari data aktual pada tahun 2025 kemudian diolah menggunakan metode *Naïve forecasting* dan menghasilkan grafik yang menunjukkan bahwa permintaan material memiliki pola yang stabil dari periode Januari hingga Desember. Keadaan tersebut dapat disimpulkan bahwa jarak atau jeda dari periode pertama ke periode selanjutnya tidak menimbulkan pergeseran grafik yang signifikan.

4.2.3 Penentuan titik distribusi *Center Of Gravity* (COG)

Penentuan COG dengan melakukan perhitungan sesuai rumus. Perubahan titik dilihat berdasarkan *Google Maps* dan menyesuaikan dengan kawasan industri IKM tersebut. Perhitungan COG memperoleh hasil titik koordinat rencana titik distribusi material.

Penggunaan metode perhitungan COG memperoleh hasil:

$$\bar{x} = \sum \frac{(x_i d_i)}{d_i}$$

$$\bar{x} = \sum \frac{(110,31127 \times 1.284) + (110,31164 \times 1.224) + \dots + (110,31096 \times 1.320)}{(1.284 + 1.224 + 1.176 + 1.260 + 1.440 + 1.440 + 1.320)}$$

$$\bar{x} = \sum \frac{(1008687,87)}{9.144}$$

$$\bar{x} = 110,3110$$

$$\bar{y} = \sum \frac{(y_i d_i)}{d_i}$$

$$\bar{y} = \sum \frac{(-7,90837 \times 1.284) + (-7,90613 \times 1.224) + \dots + (-7,90763 \times 1.320)}{(1.284 + 1.224 + 1.176 + 1.260 + 1.440 + 1.440 + 1.320)}$$

$$\bar{y} = \sum \frac{(-72311,39496)}{9.144}$$

$$\bar{y} = -7,9080$$

Tabel 4. 29 Titik Koordinat Lokasi Gudang Baru

Nama IKM	<i>Centroid X awal</i>	<i>Centroid Y awal</i>	xi.di	yi.di
IKM Djawadi	110,31227	-7,90837	150576,2486	-10794,92505
IKM Giyanto	110,31164	-7,90613	150575,3886	-10791,86745
IKM Suratijan	110,31138	-7,90941	150575,0337	-10796,34465
IKM Doel	110,31294	-7,90653	150577,1631	-10792,41345
IKM AMW	110,31138	-7,90992	210805,0472	-15115,85712
IKM Jumaryono	110,30981	-7,90826	210802,0469	-15112,68486
IKM SDK	110,31096	-7,90763	180689,3525	-12952,69794
Total			1008687,87	-72311,39496
Titik Koordinat			110,3110	-7,9080

Titik lokasi untuk tempat dibangunnya gudang baru berada di titik 110,3110 dan -7,9080. Pada aplikasi *google earth* dapat dilihat bawah titik koordinat tersebut berada di Kalurahan Gilangharjo, pandak, bantul yang berdekatan dengan seluruh IKM pande besi yang divisualisasikan sebagai berikut:



Gambar 19 Titik Koordinat Rencana Gudang Baru

4.2.4 Perhitungan Biaya Transportasi

Pengiriman yang dilakukan oleh *supplier* adalah dengan fasilitas mobil *pick up* tertutup dengan biaya per km untuk setiap pengiriman ke IKM. Data yang digunakan untuk menghitung biaya transportasi adalah jarak yang ditempuh dari toko material/*supplier* ke IKM yang dituju dengan biaya pengiriman per km. Pada perhitungan biaya pengiriman adalah dalam waktu sekali kirim atau dilakukan dalam satu kali permintaan yaitu satu kali dalam waktu satu minggu.

$$\text{Biaya Transportasi} = d \times \text{tarif per km}$$

$$\text{Biaya transportasi IKM Djawadi} = 39,5 \times \text{Rp } 2.115$$

$$\text{Biaya transportasi IKM Djawadi} = \text{Rp } 83.543$$

Tabel di bawah ini merupakan hasil perhitungan biaya transportasi untuk seluruh IKM dalam satu kali pengiriman.

Tabel 4. 30 Data Perhitungam Biaya Transportasi Per Km

Biaya Transportasi per Km			
Elemen Biaya	Kecepatan (km/jam)	Konsumsi / Dasar	Biaya per 100 km (Rp)
Bahan Bakar (bensin)	70	12 L × Rp 12.500	Rp 150.000
Konsumsi Oli Mesin	70	0.1 L × Rp 70.000	Rp 7.000
Pemakaian Ban	70	Rp 1.200.000/40.000km	Rp 3.000
Suku Cadang	70	Estimasi	Rp 50.000
Kebutuhan konsumsi Sopir	70	Rp 150.000 / 100 km	Rp 1.500
Total Biaya/100km			Rp 211.500
Total Biaya/km			Rp 2.115

Tabel 4. 31 Data Hasil Perhitungan Biaya Transportasi Awal

Nama IKM	Jarak dari lokasi ke centroid (km)	Biaya Transportasi per km	Total Biaya Transortasi
IKM Djawadi	39,5	Rp 2.115	Rp 83.543
IKM Giyanto	39,5	Rp 2.115	Rp 83.543
IKM Suratijan	39,5	Rp 2.115	Rp 83.543
IKM Doel	39,3	Rp 2.115	Rp 83.120
IKM AMW	39,2	Rp 2.115	Rp 82.908
IKM DL Jumaryono	39,6	Rp 2.115	Rp 83.754
IKM SDK	39	Rp 2.115	Rp 82.485

Pada perhitungan tabel di atas, diperoleh biaya transportasi pada masing-masing IKM dengan nilai pada IKM Djawadi sebesar Rp 83.543, IKM Giyanto sebesar Rp 83.543, IKM Suratijan sebesar Rp 83.543, IKM Doel sebesar Rp 83.120, IKM AMW sebesar Rp 83.908, IKM DL Jumaryono sebesar Rp 83.754, dan IKM SDK sebesar Ro 82.485. Nilai tersebut dihitung berdasarkan jarak dikalikan dengan biaya transportasi per km dengan perhitungan biaya yang dikeluarkan pada estimasi bahan bakar, konsumsi oli mesin, suku cadang, pemakaian ban, dan konsumsi pribadi untuk pengemudi, sehingga diperoleh nilai Rp 2.115 per km pengiriman material.

Tabel 4. 32 Biaya transportasi setelah adanya usulan gudang baru

Nama IKM	Jarak dari lokasi pusat material awal ke IKM (km)	Jarak setelah adanya titik koordinat baru (km)	Biaya Transportasi sebelum adanya usualn gudang baru	Biaya transportasi setelah adanya usulan gudang baru
IKM Djawadi	39,5	0,70	Rp 83.543	Rp 1.480,50
IKM Giyanto	39,5	0,70	Rp 83.543	Rp 1.480,50
IKM Suratijan	39,5	0,45	Rp 83.543	Rp 951,75
IKM Doel	39,3	0,22	Rp 83.120	Rp 465,30
IKM AMW	39,2	0,45	Rp 82.908	Rp 951,75
IKM Jumaryono	39,6	0,50	Rp 83.754	Rp 1.057,50
IKM SDK	39	0,20	Rp 82.485	Rp 423,00
Total	275,6	3,22	Rp 582.894	Rp 6.810,30

Perhitungan COG menghasilkan titik koordinat usulan gudang baru yaitu berada pada koordinat *longitude* 110,3110 dan *latitude* -7,9080. Adanya titik koordinat baru tersebut dapat meminimalkan biaya transportasi pada setiap IKM. IKM Djawadi dengan jarak dari IKM ke titik koordinat usulan gudang baru yaitu berjarak 0,70km dengan biaya transportasi sebesar Rp 1.480,50 ; IKM Giyanto berjarak 0,70km dengan biaya transportasi sebesar Rp 1.480,50; IKM Suratijan berjarak 0,45km dengan biaya transportasi sebesar Rp 951,75; IKM Doel berjarak 0,22km dengan biaya transportasi sebesar Rp 465,30; IKM AMW berjarak 0,45km dengan biaya transportasi sebesar Rp 951,75 ; IKM DL Jumaryono berjarak 0,50km dengan biaya transportasi sebesar Rp 1.057,50 ; dan IKM SDK berjarak 0,50km dengan biaya transportasi sebesar Rp 423,00. Maka total biaya transportasi setelah adanya usulan gudang baru membutuhkan biaya sebesar Rp 6.810,30. Sehingga, adanya usulan gudang baru dapat meminimalkan biaya transportasi sebesar Rp 576.083,70. Namun, keadaan tersebut belum menentukan apakah adanya gudang baru layak dan menutup biaya transportasi dan mampu mencapai titik impas.

4.2.1.4.1 Perhitungan Biaya Tetap (*Fixed Cost*)

Setelah diperoleh hasil total biaya distribusi usulan gudang baru menggunakan metode COG, langkah selanjutnya adalah perhitungan *fixed cost* atau biaya tetap gudang usulan. Perhitungan *fixed cost* untuk mengetahui total biaya operasional gedung yang harus dikeluarkan apabila gudang baru direalisasikan. *Fixed cost* merupakan biaya yang nilainya relatif tetap dan tidak dipengaruhi oleh jumlah distribusi yang dilakukan. Pada penelitian ini, komponen *fixed cost* gudang terdiri dari biaya sewa gudang, biaya tenaga kerja gudang, biaya listrik, dan biaya perawatan gudang.

Tabel 4. 33 Komponen Biaya Tetap (*Fixed Cost*)

Komponen <i>Fixed Cost</i>	Biaya per bulan
Biaya sewa gudang	Rp 3.000.000
Biaya penjaga gudang	Rp 1.500.000
Biaya listrik dan administrasi	Rp 350.000
Biaya perawatan/kebersihan gudang	Rp 250.000
Total	Rp 5.100.000

Komponen *fixed cost* sebagai elemen biaya yang akan dikeluarkan apabila gudang baru direalisasikan. Komponen tersebut di antaranya adalah biaya sewa gudang sebesar Rp 3.000.000 ; biaya penjaga gudang sebesar Rp 1.500.000 ; biaya listrik dan atau administrasi sebesar Rp 350.000 ; dan biaya perawatan dan atau kebersihan gudang sebesar Rp 250.000. *Fixed cost* tahunan dihitung dengan mengalikan total biaya tetap bulanan dengan 12 bulan yaitu sebagai berikut.

$$FC = \text{Biaya bulanan} \times 12$$

$$FC = \text{Rp } 5.100.000 \times 12$$

$$FC = \text{Rp } 61.200.000/\text{tahun}$$

Adanya hasil perhitungan total *fixed cost* tersebut, maka diperoleh hasil sebesar Rp 61.200.000 per tahun. Nilai tersebut menunjukkan bahwa biaya tetap yang harus dikeluarkan apabila gudang baru direalisasikan, terlepas dari jumlah distribusi yang dilakukan. Sehingga, *fixed cost* menjadi salah satu faktor utama dalam menentukan kelayakan adanya gudang baru.

4.2.1.4.2 Perhitungan Biaya Tidak Tetap (*Variable cost*)

Perhitungan pada biaya tidak tetap (*variable cost*) menyesuaikan kebutuhan operasional yang dapat berubah sesuai dengan pada kebutuhan, misalnya adalah biaya transportasi yang tergantung pada jarak, waktu, dan konsumsi mesin, maupun daya kendaraan. Pada penelitian

ini menggunakan variabel biaya transportasi dan biaya tenaga bongkar muat material yang datang di gudang baru.

Tabel 4. 34 Data Biaya Transportasi Per Km

Biaya transportasi			
Elemen Biaya	Kecepatan (km/jam)	Konsumsi / Dasar	Biaya per 100 km (Rp)
Bahan Bakar (bensin)	70	12 L × Rp 12.500	Rp 150.000
Konsumsi Oli Mesin	70	0.1 L × Rp 70.000	Rp 7.000
Pemakaian Ban	70	Rp 1.200.000/40.000 km	Rp 3.000
Suku Cadang	70	Estimasi	Rp 50.000
Konsumsi Pribadi Sopir	70	Rp 150.000 / 100 km	Rp 1.500
Total Biaya/100km			Rp 211.500
Total Biaya/km			Rp 2.115

Tabel 4. 35 Data Total Biaya Transportasi

Nama IKM	Jarak (dari lokasi ke centroid)	Biaya Transportasi per km (Rp)	Total Biaya Transortasi (Rp)
IKM Djawadi	39,5	Rp 2.115	Rp 83.543
IKM Giyanto	39,5	Rp 2.115	Rp 83.543
IKM Suratijan	39,5	Rp 2.115	Rp 83.543
IKM Doel	39,3	Rp 2.115	Rp 83.120
IKM AMW	39,2	Rp 2.115	Rp 82.908
IKM Jumaryono	39,6	Rp 2.115	Rp 83.754
IKM SDK	39	Rp 2.115	Rp 82.485
Total Biaya Transportasi			Rp 582.896

Berdasarkan tabel 4.7, biaya transportasi pada seluruh IKM dengan total Rp 582.896. diperoleh perhitungan bahwa pada IKM Djawadi dengan biaya transportasi satu kali

pengiriman dalam satu minggu sebesar Rp 83.543, IKM Giyanto sebesar Rp 83.543, IKM Suratijan sebesar Rp 83.543, IKM Doel sebesar Rp 83.120, IKM AMW sebesar Rp 82.908, IKM Jumaryono sebesar Rp 83.754, IKM SDK sebesar Rp 82.485. biaya tersebut dihitung sebelum adanya gudang baru dengan jarak yang lebih optimal atau lebih dekat.

4.2.1.4.3 Perbandingan skenario

Analisis skenario dilakukan untuk membandingkan total biaya distribusi antara kondisi nyata tanpa gudang dan kondisi usulan dengan gudang baru hasil dari pengolahan data dengan metode COG. Perbandingan skenario digunakan untuk mengetahui skenario distribusi yang paling optimal dan ekonomis berdasarkan total biaya distribusi tahunan. Pada penelitian ini menggunakan dua skenario yaitu skenario existing tanpa gudang dan skenario usulan dengan gudang baru.

1. Skenario existing tanpa gudang

Pada kondisi existing, distribusi dilakukan secara langsung dari *supplier* menuju masing-masing IKM tanpa melalui gudang distribusi, jadi biaya yang dikeluarkan pada skenario ini adalah berupa biaya transportasi distribusi. Adapun perhitungan total biaya existing adalah sebagai berikut.

$$TC = \text{Biaya distribusi} \times \text{frekuensi}$$

$$TC = Rp\ 582.896 \times 52$$

$$TC = Rp\ 30.310.592 \text{ per tahun}$$

Perhitungan skenario existing tanpa gudang yaitu menghasilkan total cost transportation untuk satu tahun sebesar Rp 30.310.592. Hasil tersebut digunakan sebagai skenario pembanding dengan usulan gudang baru.

2. Skenario usulan dengan gudang baru

Pada kondisi yang telah dilakukan dengan perhitungan metode COG, adanya usulan titik koordinat gudang baru dengan pola dari *supplier* menuju gudang baru kemudian menuju masing-masing IKM. Pada skenario ini menggunakan elemen biaya distribusi usulan gudang baru dan *fixed cost* operasional gudang. Adapun perhitungan *variable cost* tahunan adalah sebagai berikut.

$$VC = \text{Biaya distribusi} \times \text{frekuensi}$$

$$VC = \text{Rp } 6.810,30 \times 52$$

$$VC = \text{Rp } 354.120 \text{ per tahun}$$

Setelah dilakukan perhitungan *variable cost*, maka untuk hasil pertimbangan dari usulan gudang baru, dilakukan perhitungan seluruh biaya atau total cost untuk gudang baru dengan menambahkan seluruh biaya.

$$TC = FC + VC$$

$$TC = \text{Rp } 61.200.000 + \text{Rp } 354.120$$

$$TC = \text{Rp } 61.554.120 \text{ per tahun}$$

Tabel 4. 36 Perbandingan Skenario

Komponen Biaya	Kondisi Existing Tanpa Gudang	Usulan Gudang Baru
Biaya distribusi per pengiriman	Rp 582.896	Rp 6.810,30
Frekuensi distribusi per tahun	52 kali pengiriman	52 kali pengiriman
<i>Variable cost</i> tahunan	Rp 30.310.592	Rp 354.120
<i>Fixed cost</i> gudang	-	Rp 61.200.000
Total biaya per tahun	Rp 30.310.592	Rp 61.554.120

Berdasarkan hasil perbandingan skenario distribusi antara kondisi existing tanpa gudang dengan usulan gudang baru, diperoleh hasil bahwa biaya distribusi kondisi existing

tanpa gudang sebesar Rp 30.310.592 per tahun. Sementara itu, pada skenario usulan gudang baru diperoleh biaya sebesar Rp 61.554.120 per tahun. Meskipun penggunaan usulan gudang baru mampu meminimalkan biaya transportasi dari Rp 582.896 menjadi Rp 6.810,30 per pengiriman, namun penambahan *fixed cost* operasional gudang menyebabkan total biaya distribusi menjadi lebih besar dibandingkan dengan kondisi existing. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penghematan biaya transportasi belum mampu menutup biaya tetap operasional gudang pada kondisi demand saat ini. dengan demikian, adanya gudang baru pada kondisi demand saat ini belum layak untuk direalisasikan karena total biaya operasional yang dihasilkan masih lebih tinggi apabila dibandingkan dengan sistem distribusi existing tanpa gudang.

4.2.5 Perhitungan *Payback Period*

Analisis *Payback period* dilakukan untuk mengetahui kelayakan usulan gudang baru berdasarkan penghematan biaya distribusi yang diperoleh dari hasil perhitungan metode COG. Penghematan tersebut menghasilkan biaya dari Rp 582.896 menjadi Rp 6.810,30. Sehingga, total penghematan biaya distribusi sebesar Rp 576.083,70 per pengiriman. Apabila penghematan distribusi tahunan dilakukan 52 kali (minggu) dalam satu tahun, maka dapat dihitung dengan rumus *saving* sebagai berikut.

$$\text{Saving} = \text{Penghematan distribusi} \times 52$$

$$\text{Saving} = \text{Rp } 576.083,70 \times 52$$

$$\text{Saving} = \text{Rp } 29.956.352,4 \text{ per tahun}$$

Berdasarkan hasil perhitungan *saving cost*, diperoleh penghematan biaya distribusi sebesar Rp 29.956.352,4 per tahun setelah dilakukan skenario distribusi menggunakan metode COG. Kemudian, dilakukan perhitungan dan analisis *Payback period* untuk mengetahui waktu yang

dibutuhkan agar penghematan distribusi mampu mencapai titik impas atau menutupi *fixed cost* gudang yaitu sebagai berikut.

$$PP = \frac{\text{Fixed Cost}}{\text{Saving tahunan}}$$

$$PP = \frac{\text{Rp } 61.554.120}{\text{Rp } 29.956.352,4}$$

$$PP = 2,054 \text{ tahun}$$

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari perhitungan di atas, adanya usulan gudang baru membutuhkan waktu 2,054 tahun untuk mencapai titik impas. Hal tersebut menunjukkan bahwa penghematan biaya distribusi yang diperoleh setiap tahun belum mampu secara cepat menutupi *fixed cost* operasional gudang.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Pembahasan Hasil *Demand Forecasting*

Hasil dari perhitungan *demand forecasting* dengan metode *Naïve*, MA, WMA, dan SES. Berdasarkan konsep ke empat metode peramalan tersebut, peramalan volume permintaan untuk mengetahui prediksi di masa yang akan datang. Pada penelitian ini menggunakan nilai *error* terkecil atau MAPE terkecil untuk menunjukkan tingkat kesalahan prediksi dalam bentuk presentase, sehingga lebih mudah diinterpretasikan dibandingkan antar metode peramalan. Pada hasil peramalan satu tahun mendatang menggunakan metode terpilih karena memiliki nilai MAPE terkecil yaitu metode SES, IKM Djawadi memiliki volume permintaan 1.284kg ; IKM Giyanto memiliki volume permintaan 1.224kg ; IKM Suratijan memiliki volume permintaan 1.176kg ; IKM Doel memiliki volume permintaan 1.260kg ; IKM SDK memiliki volume permintaan 1.320kg ; pada IKM AMW dengan metode *Naïve* memiliki volume permintaan 1.440kg ; dan IKM DL Jumaryono memiliki volume permintaan 1.440kg.

5.2 Pembahasan Penentuan Lokasi Gudang Menggunakan COG

Konsep dari COG adalah menentukan stabilitas posisi dan diterapkan dalam sistem logistik untuk mengidentifikasi titik gudang optimal yang berada di posisi sentral di antara seluruh IKM (Yuan, Zhang, and Zhang 2020). Penentuan koordinat lokasi yang efisien memerlukan sistem kontrol titik pusat agar keputusan penempatan gudang dapat dilakukan secara akurat dan mendukung kinerja operasional rantai pasokan (Nogoud et al. 2023).

Penentuan titik distribusi material atau gudang yang optimal menggunakan COG dilakukan berdasarkan data sebaran lokasi IKM. Adapun hasil perhitungan COG pada Bab IV

menunjukkan bahwa rencana lokasi gudang baru yang diusulkan berada di posisi yang relatif sentral terhadap seluruh IKM.

Lokasi yang optimal mampu meminimalkan total jarak distribusi material dari gudang IKM. Metode COG diterapkan pada kasus sentra IKM karena telah mempertimbangkan faktor jarak dan beban distribusi material secara bersamaan. Sehingga, penentuan lokasi gudang baru menggunakan metode COG dapat meningkatkan sistem kinerja logistik, khususnya dalam hal efisiensi distribusi, penurunan biaya transportasi, dan kemudahan akses material untuk IKM.

Adanya sebaran lokasi yang relatif berjauhan dan jarak tempuh distribusi dari IKM ke tempat *supplier* mengakibatkan sistem distribusi logistik material mengalami peningkatan biaya dan transportasi. Data sebaran lokasi IKM dilihat melalui aplikasi *Google Maps* dengan jarak tempuh dari IKM ke tempat *supplier* pada IKM Djawadi berjarak 39,5 ; IKM Giyanto berjarak 39,5km ; IKM Suratijan berjarak 39,5km ; IKM Doel berjarak 39,3km ; IKM MAW berjarak 39,2km ; IKM DL Jumaryono berjarak 39,6km ; IKM SDK berjarak 39km. Masing-masing IKM harus melakukan pengadaan material secara mandiri.

Perhitungan COG dengan mengetahui titik koordinat *longitude* dan *latitude* masing-masing IKM perlu dilengkapi dengan data jumlah permintaan pada lokasi IKM agar menghasilkan titik optimal. Total dari penjumlahan koordinat x yaitu dengan hasil 1008687,87 dan koordinat y memberikan hasil -72311,39496. Berdasarkan perhitungan COG, perencanaan lokasi gudang baru berada di titik koordinat *latitude* 110,3110 dan *longitude* -7,9080. Hasil tersebut dinilai menjadi titik optimal perencanaan gudang baru karena terletak di daerah pemasaran seluruh IKM.

5.3 Pembahasan Efisiensi Biaya Transportasi

Upaya melakukan efisiensi biaya transportasi adalah dengan membandingkan kondisi distribusi dan setelah adanya penentuan titik distribusi material baru atau gudang baru. Permasalahan awal dalam distribusi material ini adalah biaya transportasi yang tinggi karena pada masing-masing IKM memiliki ketergantungan pada satu *supplier* yang jaraknya cukup jauh. Penentuan lokasi gudang baru dilakukan untuk meminimalkan biaya transportasi logistik pengiriman material (Loree & vera, 2018).

Selain mempertimbangkan biaya transportasi, IKM juga harus mempertimbangkan desain sistem distribusi seperti dengan pengelompokkan IKM berdasarkan karakter logistik agar dapat mengefektifkan sistem distribusi dengan jarak yang dekat melalui perencanaan gudang baru (Babanezhad et al. 2022). Hasil dari perhitungan biaya transportasi dengan data jarak dari *supplier* menuju masing-masing IKM seperti pada IKM Djawadi menuju *supplier* berjarak 39,5 ; IKM Giyanto menuju *supplier* berjarak 39,5km ; IKM Suratijan menuju *supplier* berjarak 39,5km ; IKM Doel menuju *supplier* berjarak 39,3km ; IKM AMW menuju *supplier* berjarak 39,2km ; IKM DL Jumaryono menuju *supplier* berjarak 39,6km ; IKM SDK menuju *supplier* berjarak 39km. Elemen biaya dalam perhitungan biaya transportasi meliputi biaya bahan bakar (bensin), konsumsi oli mesin, pemakaian ban, suku cadang, dan kebutuhan konsumsi sopir. Perhitungan biaya transportasi dilakukan estimasi biaya jarak 100km selama satu kali melakukan pengiriman material besi pada seluruh IKM. Estimasi jarak 100km dengan keterangan pulang dan pergi, memiliki total biaya per 100km adalah sebesar Rp. 211.500, maka biaya per km adalah sebesar Rp. 2.115. Sehingga, dengan hasil Rp. 2.115 per km tersebut dikalikan dengan jarak masing-masing IKM. Hasil dari perhitungan biaya transportasi pada IKM Djawadi sebesar Rp. 83.543 ; IKM Giyanto sebesar Rp. 83.543 ; IKM

Suratijan sebesar 83.543 ; IKM Doel sebesar Rp. 83.120 ; IKM AMW sebesar Rp. 82.908 ; IKM DL Jumaryono sebesar Rp. 83.754 ; dan IKM SDK sebesar Rp. 82.485. Penentuan lokasi gudang baru berdasarkan metode COG, distribusi material menjadi terpusat, sehingga jarak tempuh yang dekat mempengaruhi penurunan biaya transportasi, Hasil dari penggunaan metode COG menunjukkan bahwa pemilihan fasilitas distribusi memiliki peran penting dalam penurunan biaya transportasi dan meningkatkan kinerja rantai pasok IKM. Hal tersebut dapat dibuktikan bahwa sebelum menggunakan metode COG total biaya transportasi senilai Rp 582.896 dan setelah menggunakan metode COG untuk merancang titik optimal gudang baru, biaya transportasi senilai Rp. 6.810,30. Sehingga, diperoleh penurunan biaya sekali pengiriman ke gudang baru untuk seluruh IKM sebesar Rp. 576.083,70.

5.4 Payback Period

Berdasarkan hasil perhitungan analisis kelayakan pembangunan gudang baru dengan metode *Payback period* menunjukkan bahwa dalam peramalan permintaan pada permintaan masing-masing IKM, dapat memberikan data untuk perhitungan *payback period*. Hasil perbandingan skenario antara kondisi saat ini yaitu tanpa gudang dengan usulan gudang baru, menghasilkan biaya distribusi kondisi saat ini tanpa gudang sebesar Rp 30.310.592 per tahun. Kemudian, pada skenario adanya usulan gudang baru memiliki biaya sebesar Rp 61.554.120 per tahun. Usulan adanya gudang baru dapat meminimalkan biaya transportasi dari Rp 582.896 menjadi Rp 6.810,30 per pengiriman, namun pada faktor lain yaitu penambahan *fixed cost* operasional gudang mengakibatkan total biaya distribusi menjadi lebih besar apabila dibandingkan dengan kondisi existing. Kesimpulan dari hasil yang diperoleh adalah biaya transportasi belum mampu memberikan impas biaya tetap operasional gudang pada kondisi permintaan saat ini. oleh karena itu, adanya gudang baru pada kondisi permintaan saat ini

belum layak untuk direalisasikan karena total biaya operasional yang dihasilkan lebih tinggi apabila dibandingkan dengan sistem distribusi saat ini tanpa gudang.

5.5 Implikasi Hasil Penelitian terhadap Sistem Distribusi IKM

Penelitian ini menghasilkan implikasi mengenai penerapan metode COG dan *Payback period* dapat membantu IKM dalam perancangan sistem distribusi material yang lebih efisien yang berkelanjutan. Adanya gudang baru yang lokasinya optimal dan strategis untuk seluruh IKM mendapatkan kemudahan dalam pengadaan material. Sistem distribusi yang lebih terintegrasi dapat meningkatkan kemampuan pasokan material dan mendukung kelancaran proses produksi IKM. Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai dasar pertimbangan bagi sistem distribusi sentra IKM yang sedang dalam masa pengembangan sistem kinerja agar dapat menyelesaikan permasalahan yang serupa.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa terdapat hasil yang dapat ditarik kesimpulannya di antaranya yaitu.

1. Metode COG membantu menentukan lokasi optimal untuk distribusi material UMKM di Desa Gilangharjo. Penentuan titik lokasi gudang baru menggunakan metode COG yang menghasilkan satu titik lokasi yang optimal. Lokasi ini berada di posisi yang strategis, dapat dijangkau oleh seluruh IKM dengan jarak distribusi yang lebih dekat dari pada kondisi awal. Hasil dari perhitungan COG yaitu lokasi gudang baru terletak pada titik koordinat *latitude* 110,3110 dan *longitude* -7,9080
2. Biaya transportasi awal pengantaran dari lokasi *supplier* menuju masing-masing IKM masih relatif tinggi yaitu sebesar Rp. 582.896 dalam satu kali pengantaran. Namun, setelah dilakukan penerapan lokasi gudang baru, hasil dari metode COG mencapai biaya minimum sebesar Rp. 6.810,30
3. Berdasarkan analisis kelayakan investasi, diperoleh dari analisis skenario yang menunjukkan bahwa adanya gudang baru menghasilkan total biaya distribusi sebesar Rp 61.554.120 per tahun dan lebih tinggi dibandingkan dengan sistem existing tanpa gudang sebesar Rp 30.310.592 per tahun. Sehingga, diperoleh hasil dari *Payback period* bahwa adanya gudang baru membutuhkan waktu 2,054 tahun untuk mencapai titik impas. Alternatif terbaik setelah dilakukan pertimbangan dan perbandingan skenario, distribusi existing tanpa adanya gudang baru merupakan alternatif terbaik untuk kondisi saat ini.
4. Hasil dari penentuan titik distribusi material yang optimal dan optimasi biaya transportasi menunjukkan bahwa penerapan gudang terpusat dapat membantu efisiensi dari sistem

supply chain management. Hal tersebut diperoleh dari pengurangan jarak tempuh distribusi material dan penurunan biaya transportasi. Namun, hasil COG tersebut digunakan sebagai referensi strategis untuk pengembangan distribusi di masa mendatang apabila terjadi peningkatan permintaan distribusi secara signifikan

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan yaitu.

1. Pengelolaan operasional gudang perlu dirancang dengan baik. Beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu sistem pengiriman material dari gudang ke masing-masing IKM, pemberian jadwal distribusi, dan adanya pengendalian biaya distribusi agar tidak memberikan beban pada masing-masing IKM.
2. Penelitian selanjutnya disarankan agar dapat mendiskusikan, meneliti, dan mempertimbangkan faktor tambahan pada data yang diambil seperti variasi permintaan material, kapasitas gudang, kondisi lalu lintas, jumlah *supplier* dan dapat menggunakan lebih dari satu gudang distribusi material.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N. Nelfiyanti, Shah Hizam, Yasir Nik, and Mohamed M. F. A. Ahmad. (2025) .
Adoption and Impact of Quick Response Manufacturing Across Industry Sector. *Springer International Publishing*.
- Aydin, Mahsum. (2025). “Gravity Center Trend Analysis (GCTA) as a New Method for
Determining the Trends of Hydro-Meteorological Data.” *Ain Shams Engineering Journal*,
16(2), 103278. doi: 10.1016/j.asej.2025.103278.
- Ayid, Yasser M., Mohammad Zakaraia, and Mohamed Meselhy Eltoukhy. (2024). “An Artificial
Bee Colony Optimization Algorithms for Solving Fuzzy Capacitated Logistic Distribution
Center Problem.” *MethodsX*, (September), 102964. doi: 10.1016/j.mex.2024.102964.
- Babanezhad, Manoochehr, Saber Arabi Nowdeh, Almoataz Y. Abdelaziz, Kareem M. AboRas,
and Hossam Kotb. (2022). “Reactive Power Based Capacitors Allocation in Distribution
Network Using Mathematical Remora Optimization Algorithm Considering Operation Cost
and Loading Conditions.” *Alexandria Engineering Journal* 61(12), 10511–26. doi:
10.1016/j.aej.2022.04.009.
- Baghalzadeh Shishehgarkhaneh, Milad, Robert C. Moehler, Yihai Fang, Hamed Aboutorab, and
Amer A. Hijazi. (2024). “Construction Supply Chain Risk Management.” *Automation in
Construction*, 162:105396. doi: 10.1016/j.autcon.2024.105396.
- Boonmee, Chawis, Mikiharu Arimura, and Takumi Asada. (2017). “Facility Location
Optimization Model for Emergency Humanitarian Logistics.” *International Journal of
Disaster Risk Reduction*, (February), 485–98. doi: 10.1016/j.ijdr.2017.01.017.

- Burtea, Radu, and Calvin Tsay. (2024). “Constrained Continuous-Action Reinforcement Learning for Supply Chain Inventory Management. *Computers and Chemical Engineering*, 181, 108518. doi: 10.1016/j.compchemeng.2023.108518.
- Cai, Chunling, Yong Luo, Yuehong Cui, and Feng Chen. (2020). “Solving Multiple Distribution Center Location Allocation Problem Using K-Means Algorithm and Center of Gravity Method Take Jinjiang District of Chengdu as an Example.” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 587(1), 1–7. doi: 10.1088/1755-1315/587/1/012120.
- Chen, Zi Xia, and Wei He. (2010). “Study and Application of Center-of-Gravity on the Location Selection of Distribution Center.” *2010 International Conference on Logistics Systems and Intelligent Management, ICLSIM 2010*, 2, 981–84. doi: 10.1109/ICLSIM.2010.5461101.
- Cong, Rui, Fenglei Li, Lili Wang, and Hailong Wang. (2024). “Risk Management of Sports Service Supply Chain Using Fuzzy Comprehensive Evaluation and Intelligent Neural Network.” *Heliyon*, 10(11), e32068. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e32068.
- Dordai, Lucian, and Marius Roman. (2026). “Circular Economy Approaches for Sustainable Energy Supply Chains : A Systematic Review of Concepts , Models and Performance Assessment.”
- Gao, Yingying, Xianghai Ding, and Wuyang Yu. (2024). “Distributional Robustness Based on Wasserstein-Metric Approach for Humanitarian Logistics Problem under Road Disruptions.” *Operations Research Perspectives*, (October), 100317.
doi: 10.1016/j.orp.2024.100317.
- Gružauskas, V., E. Gimžauskienė, and V. Navickas. (2019). “Forecasting Accuracy Influence on

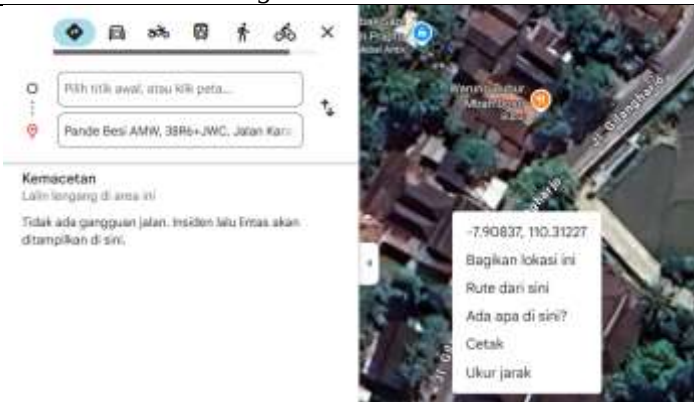
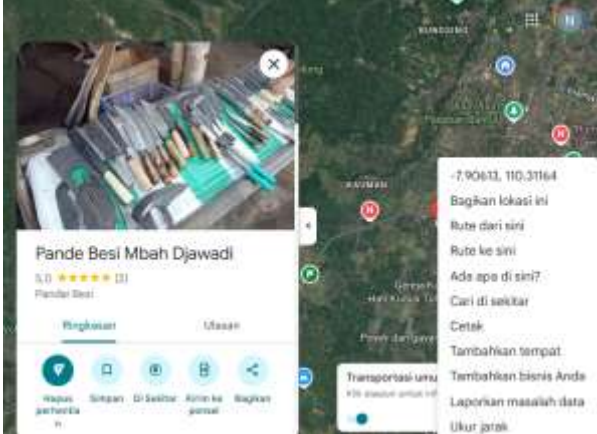
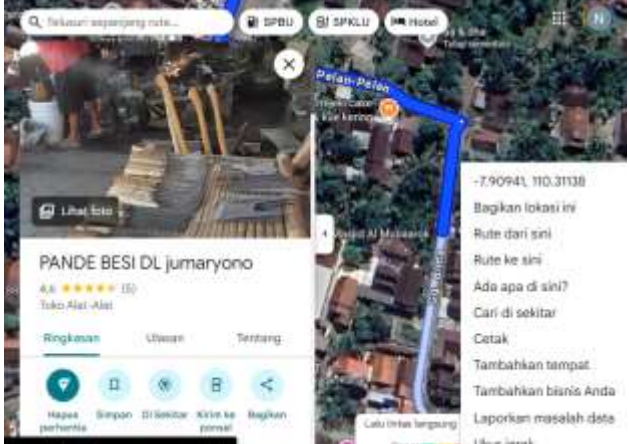
- Logistics Clusters Activities: The Case of the Food Industry.” *Journal of Cleaner Production* 240. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118225.
- Huang, Kuancheng, Wei-ting Chen, Yu-ching Wu, and Jan-ren Chen. (2025). “Supply Chain Analytics A Stochastic Programming Approach to the Location of Distribution Centers for Multinational Enterprises under Demand Uncertainty.” *Supply Chain Analytics* 11, 100147. doi: 10.1016/j.sca.2025.100147.
- Ierko, Iryna, Olena Demianchuk, Lesya Ukrainka Volyn, Gennadii Golub, Lesya Ukrainka, Volyn National, Taras Pohrebskyi, Lesya Ukrainka Volyn, Sergij Gazuda, Liudmyla Vashchuk, Endurance Sports, Lesya Ukrainka, and Volyn National. (2023). “Economic Transformation of the Competitive Potential of the Tourism Industry Subjects : Methodological Concept.”, 6(53), 363–75. doi: 10.55643/fcaptp.6.53.2023.4245.
- Lee, Hau L., and Zuo Jun (Max) Shen. (2020). “Supply Chain and Logistics Innovations with the Belt and Road Initiative.” *Journal of Management Science and Engineering*, 5(2), 77–86. doi: 10.1016/j.jmse.2020.05.001.
- Loree, Nick, and Felipe Aros-vera. (2018). “Points of Distribution Location and Inventory Management Model for Post-Disaster Humanitarian Logistics.” *Transportation Research Part E*, 116, 1–24. doi: 10.1016/j.tre.2018.05.003.
- Luo, Xinxing, Chong Wu, Duska Rosenberg, and David Barnes. (2009). “Supplier Selection in Agile Supply Chains: An Information-Processing Model and an Illustration.” *Journal of Purchasing and Supply Management*, 15(4), 249–62. doi: 10.1016/j.pursup.2009.05.004.
- Muerza, Victoria, Milos Milenkovic, Emilio Larrodé, and Nebojsa Bojovic. (2024). “Selection of an International Distribution Center Location: A Comparison between Stand-Alone ANP

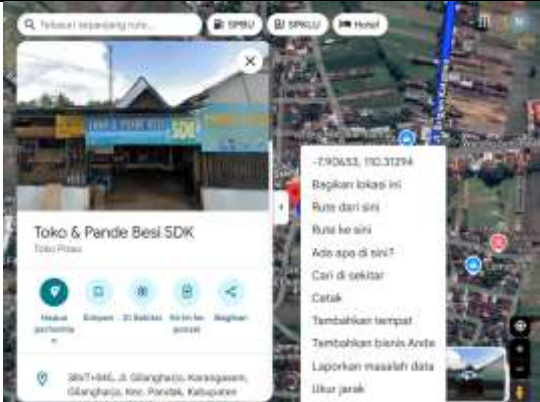
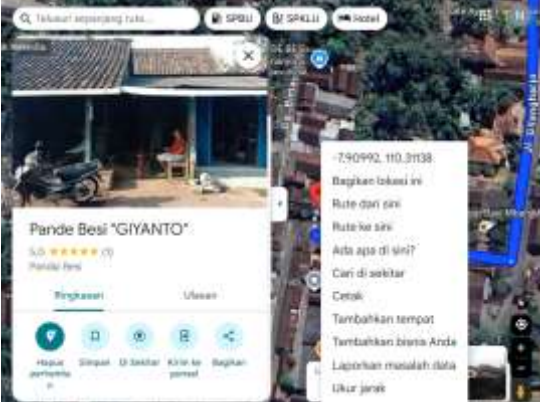
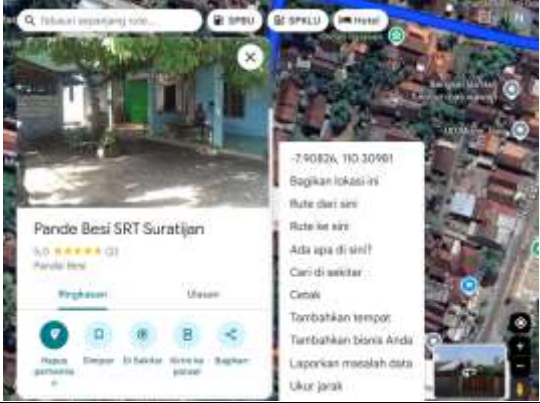
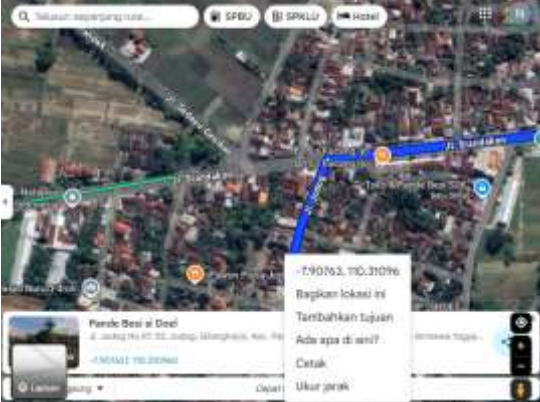
- and DEMATEL-ANP Applications.” *Research in Transportation Business and Management* 56, doi: 10.1016/j.rtbm.2024.101135.
- Nogoud, Yasser A., Ola Mohamed, Monzer Kamalalden, and Abuelnuor A. A. Abuelnuor. (2023). “Results in Engineering Reducing the Amount of Fuel Consumed by Adjusting the Location of the Center of Gravity.” *Results in Engineering*, 20, 101482. doi: 10.1016/j.rineng.2023.101482.
- Pereira, Elisabeth T., Muhammad Noman Shafique, Helena Vieira, Pedro Costa, C. O. Matias, and Nina Szczygiel. (2026). “A Systematic Literature Review of Digital Supply Chains and Logistics 4 . 0 for Sustainability and Circular Economy.”, 1–27.
- Raicu, Serban, Dorinela Costescu, Mihaela Popa, and Cosmin Robert Bujor. (2024). “Strategic and Tactical Management of Warehousing in Distribution Logistics.” *Transportation Research Procedia*, 79, 385–92. doi: 10.1016/j.trpro.2024.03.051.
- Sakai, Takanori, Kohei Santo, Shinya Tanaka, and Tetsuro Hyodo. (2024). “Locations of Logistics Facilities for E-Commerce: A Case of the Tokyo Metropolitan Area.” *Research in Transportation Business and Management* 56(July), 101174. doi: 10.1016/j.rtbm.2024.101174.
- Schwerdfeger, Stefan, and Nils Boysen. (2020). “Optimizing the Changing Locations of Mobile Parcel Lockers in Last-Mile Distribution.” *European Journal of Operational Research*, 285(3), 1077–94. doi: 10.1016/j.ejor.2020.02.033.
- Šedivý, Josef, and Jiri Cejka. (2025). “Possible Application of Solver Optimization Module for Solving Vehicle Routing Problems.” *Transportation Research Procedia*, 87, 94–102. doi: 10.1016/j.trpro.2025.04.113.

- Shahcheraghian, Amir, Adrian Ilinca, and Nelson Sommerfeldt. (2025). “K-Means and Agglomerative Clustering for Source-Load Mapping in Distributed District Heating Planning.” *Energy Conversion and Management: X*, 25(December), 100860. doi: 10.1016/j.ecmx.2024.100860.
- Sutaji, and Sawarni Hasibuan. (2021). “Determination of Distribution Center Location for Paper Packaging Using Center of Gravity Method and Analytical Hierarchy Process.” *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 3911–22. doi: 10.46254/an11.20210707.
- Taban, Mozghan, Sara Nooraeen, Kiarash Tanha, Maziar Moradi Lakeh, and Seyed Kazem Malakouti. (2024). “Effectiveness and Cost - Effectiveness of Community - Based Mental Health Services for Individuals with Severe Mental Illness in Iran : A Systematic Review and Meta - Analysis.” *BMC Psychiatry*, 1–12. doi: 10.1186/s12888-024-05666-7.
- Yuan, Xigang, Xiaoqing Zhang, and Dalin Zhang. (2020). “Analysis of the Impact of Different Forecasting Techniques on the Inventory Bullwhip Effect in Two Parallel Supply Chains with a Competition Effect.” *Journal of Engineering*, 1–28. doi: 10.1155/2020/2987218.
- Zhang, Yan, Jinyun Zhang, Zhifeng Yang, and Juan Li. (2012). “Analysis of the Distribution and Evolution of Energy Supply and Demand Centers of Gravity in China.” *Energy Policy*, 49, 695–706. doi: 10.1016/j.enpol.2012.07.012.
- Zhou, Guangyou, Zhiwei Zhu, and Sumei Luo. (2022). “Location Optimization of Electric Vehicle Charging Stations: Based on Cost Model and Genetic Algorithm.” *Energy*, 247, 123437. doi: 10.1016/j.energy.2022.123437.

LAMPIRAN PENELITIAN

1. Pengumpulan data *longitude* dan *latitude*

No.	Nama IKM	Longitude dan Latitude
1.	Pande besi AMW	
2.	Pande besi Mbah Djawadi	
3.	Pande besi DL Jumaryono	

No.	Nama IKM	Longitude dan Latitude
4.	Pande besi SDK	
5.	Pande besi Giyanto	
6.	Pande besi Suratijan	
7.	Pande besi Doel	

2. Lampiran dokumentasi observasi pada objek penelitian *supplier* dan IKM

No.	Nama IKM dan <i>Supplier</i>	Dokumentasi
1	<i>Supplier</i> Toko Marmin	
2	IKM Djawadi	
3	IKM Giyanto	
4	IKM Suratijan	
5	IKM Doel	
6	IKM AMW	

No.	Nama IKM dan <i>Supplier</i>	Dokumentasi
7	IKM Jumaryono	
8	IKM SDK	

3. Pengumpulan data jarak *supplier* dan IKM

Nama IKM	<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>	Jarak dari IKM ke Distributor awal (Km)	Permintaan material (Kg)
IKM Djawadi	110,31227	-7,90837	39,5	25
IKM Giyanto	110,31164	-7,90613	39,5	25
IKM Suratijan	110,31138	-7,90941	39,5	25
IKM Doel	110,31294	-7,90653	39,3	25
IKM AMW	110,31138	-7,90992	39,2	35
IKM Jumaryono	110,30981	-7,90826	39,6	35
IKM SDK	110,31096	-7,90763	39	30

4. Data *Demand Forecasting*

Nama IKM	Permintaan perminggu (kg)	Demand tahunan (kg/tahun)	Forecast tahun ke-1 (kg/tahun)
IKM Djawadi	25	1.300	1.365
IKM Giyanto	25	1.300	1.365
IKM Suratijan	25	1.300	1.365
IKM Doel	25	1.300	1.365
IKM AMW	35	1.820	1.911
IKM DL Jumaryono	35	1.820	1.911
IKM SDK	30	1.560	1.638
Total		10.400	10.920

5. Data Jarak dan Biaya Transportasi

DATA AWAL										
Nama IKM	Cluster	Centroid X Cluster	Centroid Y Cluster	Permintaan	Volume Harian	Jarak (dari lokasi ke centroid)	Biaya Transportasi per km (Rp)	Biaya Tetap sebelum clustering (Rp)	Biaya tetap setelah clustering (Rp)	Total Biaya Transortasi (Rp)
IKM Djawadi	1	110,31227	-7,90837	25	5	39,5	Rp 2.115	Rp 8.679	Rp 1.240	Rp 83.543
IKM Giyanto	1	110,31164	-790613	25	5	39,5	Rp 2.115	Rp 8.679	Rp 1.240	Rp 83.543
IKM Suratijan	1	110,31138	-7,90941	25	5	39,5	Rp 2.115	Rp 8.679	Rp 1.240	Rp 83.543
IKM Doel	1	110,31294	-7,90653	25	5	39,3	Rp 2.115	Rp 8.679	Rp 1.240	Rp 83.120
IKM AMW	0	110,31138	-7,90992	35	7	39,2	Rp 2.115	Rp 8.679	Rp 1.240	Rp 82.908
IKM Jumaryono	0	110,30981	-7,90826	35	7	39,6	Rp 2.115	Rp 8.679	Rp 1.240	Rp 83.754
IKM SDK	0	110,31096	-7,90763	30	6	39	Rp 2.115	Rp 8.679	Rp 1.240	Rp 82.485

Biaya Transportasi			
Elemen Biaya	Kecepatan (km/jam)	Konsumsi / Dasar	Biaya per 100 km (Rp)
Bahan Bakar (bensin)	70	12 L × Rp 12.500	Rp 150.000
Konsumsi Oli Mesin	70	0.1 L × Rp 70.000	Rp 7.000
Pemakaian Ban	70	Rp 1.200.000/40.000 km	Rp 3.000
Suku Cadang	70	Estimasi	Rp 50.000
Konsumsi Pribadi Sopir	70	Rp 150.000 / 100 km	Rp 1.500
Total Biaya/100km			Rp 211.500
Total Biaya/km			Rp 2.115

Perhitungan COG								
Nama IKM	Permintaan (Kg)	Centroid X awal	Centroid Y awal	dn	Jarak x Xi	Jarak y Yi	xi.di	yi.di
IKM Djawadi	25	110,31227	-7,90837	0,00107	4357,334665	-312,380615	2757,80675	-197,70925
IKM Giyanto	25	110,31164	-7,90613	0,00210	4357,30978	-312,292135	2757,791	-197,65325
IKM Suratijan	25	110,31138	-7,90941	0,00124	4357,29951	-312,421695	2757,7845	-197,73525
IKM Doel	25	110,31294	-7,90653	0,00239	4335,298542	-310,726629	2757,8235	-197,66325
IKM AMW	35	110,31138	-7,90992	0,00174	4324,206096	-310,068864	3860,8983	-276,8472
IKM Jumaryono	35	110,30981	-7,90826	0,00141	4368,268476	-313,167096	3860,84335	-276,7891
IKM SDK	30	110,31096	-7,90763	0,00061	4302,12744	-308,39757	3309,3288	-237,2289
Total	200 kg				30401,84451	-2179,454604	22062,2762	-1581,6262
COG					110,3114823	-7,908035573	110,311381	-7,908131

Nama IKM	Jarak dari lokasi pusat material awal ke IKM (km)	Jarak setelah ada titik koordinat baru (km)	Biaya Operasional sebelum ada gudang baru	Biaya Operasional setelah ada gudang baru
IKM Djawadi	39,5	0,70	Rp 83.543	Rp 58.479,75
IKM Giyanto	39,5	0,70	Rp 83.543	Rp 58.479,75
IKM Suratijan	39,5	0,45	Rp 83.543	Rp 37.594,13
IKM Doel	39,3	0,22	Rp 83.120	Rp 18.286,29
IKM AMW	39,2	0,45	Rp 82.908	Rp 37.308,60
IKM Jumaryono	39,6	0,50	Rp 83.754	Rp 41.877,00
IKM SDK	39	0,20	Rp 82.485	Rp 16.497,00
Total	275,6	3,22	Rp 582.894	Rp 268.522,52

5. Data aktual permintaan material 2025

Data Aktual 2025 (kg)							
Periode	IKM Djawadi	IKM Giyanto	IKM Suratijan	IKM Doel	IKM AMW	IKM Jumaryono	IKM SDK
Januari	100	100	100	100	140	140	120
Februari	100	100	100	100	120	100	100
Maret	120	120	80	100	100	100	100
April	100	120	120	80	100	100	100
Mei	120	80	100	120	120	120	120
Juni	100	100	120	120	120	100	100
Juli	80	100	100	100	120	120	120
Agustus	120	120	80	100	100	100	100
September	120	80	100	120	120	120	120
Oktober	80	100	100	100	120	120	120
November	120	120	80	100	100	100	100
Desember	120	80	100	120	120	120	120
Total	1280	1220	1180	1260	1380	1340	1320

6. Hasil pengolahan data dengan metode *Naïve* pada IKM AMW

IKM AMW							
2025	Period	Demand	Naïve Forecast	Error	Absolute Error	Squared Error	Absolute Percentage Error
	Jan	140					
	Feb	120	140	-20	20	400	16,67

IKM AMW							
	Mar	100	120	-20	20	400	20,00
	April	100	100	0	0	0	0,00
	Mei	120	100	20	20	400	16,67
	Jun	120	120	0	0	0	0,00
	Jul	120	120	0	0	0	0,00
	Agt	100	120	-20	20	400	20,00
	Sep	120	100	20	20	400	16,67
	Okt	120	120	0	0	0	0,00
	Nov	100	120	-20	20	400	20,00
	Des	120	100	20	20	400	16,67

IKM AMW		
2026	Period	Naïve Forecast
	Jan	120
	Feb	120
	Mar	120
	April	120
	Mei	120
	Jun	120
	Jul	120
	Agt	120
	Sep	120

IKM AMW		
	Okt	120
	Nov	120
	Des	120
Total		1440

MAP	MSE	MAPE
13	255	11,52

7. Hasil pengolahan data dengan metode *Naïve* pada IKM DL Jumaryono

IKM DL Jumaryono							
2025	Period	Demand	Naïve Forecast	Error	Absolute Error	Squared Error	Absolute Percentage Error
	Jan	140					
	Feb	100	140	-40	40	1600	40,00
	Mar	100	100	0	0	0	0,00
	April	100	100	0	0	0	0,00
	Mei	120	100	20	20	400	16,67
	Jun	100	120	-20	20	400	20,00
	Jul	120	100	20	20	400	16,67
	Agt	100	120	-20	20	400	20,00
	Sep	120	100	20	20	400	16,67

IKM DL Jumaryono							
	Okt	120	120	0	0	0	0,00
	Nov	100	120	-20	20	400	20,00
	Des	120	100	20	20	400	16,67

IKM DL Jumaryono		
2026	Period	Naïve Forecast
	Jan	120
	Feb	120
	Mar	120
	April	120
	Mei	120
	Jun	120
	Jul	120
	Agt	120
	Sep	120
	Okt	120
	Nov	120
	Des	120
Total		1440

MAP	MSE	MAPE
16	400	15,15

8. Hasil pengolahan data dengan metode SES pada IKM Djawadi

IKM Djawadi							
	<i>Period</i>	<i>Demand</i>	<i>SES</i>	<i>Error</i>	<i>Absolute Error</i>	<i>Squared Error</i>	<i>Absolute Percentage Error</i>
2025	Jan	100	100				
	Feb	100	100	0	0	0	0,00
	Mar	120	100	20	20	400	16,67
	April	100	104	0	0	0	0,00
	Mei	120	103	17	17	282	14,00
	Jun	100	107	-7	7	43	6,56
	Jul	80	105	-25	25	637	31,56
	Agt	120	100	20	20	392	16,50
	Sep	120	104	16	16	251	13,20
	Okt	80	107	-27	27	747	34,16
	Nov	120	102	18	18	329	15,12
	Des	120	105	15	15	211	12,09
2026	Jan	108	108				
	Feb	108	108				
	Mar	108	108				
	April	108	108				
	Mei	108	108				

IKM Djawadi				
	Jun	108	108	
	Jul	108	108	
	Agt	108	108	
	Sep	108	108	
	Okt	108	108	
	Nov	108	108	
	Des	108	108	
Total		1301	1301	

MAP	MSE	MAPE
15	299	14,53

9. Hasil pengolahan data dengan metode SES pada IKM Giyanto

IKM Giyanto							
2025	<i>Period</i>	<i>Demand</i>	<i>SES</i>	<i>Error</i>	<i>Absolute Error</i>	<i>Squared Error</i>	<i>Absolute Percentage Error</i>
	Jan	100	100				
	Feb	100	100	0	0	0	0,00
	Mar	120	100	20	20	400	16,67
	April	120	104	16	16	256	16,67
	Mei	80	107	-27	27	740	34,00

IKM Giyanto							
	Jun	100	102	-2	2	3	1,76
	Jul	100	101	-1	1	2	1,41
	Agt	120	101	19	19	356	15,73
	Sep	80	105	-25	25	620	31,13
	Okt	100	100	0	0	0	0,08
	Nov	120	100	20	20	403	16,72
	Des	80	104	-24	24	574	29,94
2026	Jan	99	99				
	Feb	99	99				
	Mar	99	99				
	April	99	99				
	Mei	99	99				
	Jun	99	99				
	Jul	99	99				
	Agt	99	99				
	Sep	99	99				
	Okt	99	99				
	Nov	99	99				
	Des	99	99				
Total		1190	1190				

MAP	MSE	MAPE
14	305	14,92

10. Hasil pengolahan data dengan metode SES pada IKM Suratijan

IKM Suratijan							
	<i>Period</i>	<i>Demand</i>	<i>SES</i>	<i>Error</i>	<i>Absolute Error</i>	<i>Squared Error</i>	<i>Absolute Percentage Error</i>
2025	Jan	100	100				
	Feb	100	100	0	0	0	0,00
	Mar	80	100	-20	20	400	25,00
	April	120	96	20	20	400	16,67
	Mei	100	101	-1	1	1	0,80
	Jun	120	101	19	19	375	16,13
	Jul	100	105	-5	5	20	4,51
	Agt	80	104	-24	24	557	29,51
	Sep	100	99	1	1	1	1,11
	Okt	100	99	1	1	1	0,89
	Nov	80	99	-19	19	372	24,11
	Des	100	95	5	5	21	4,57
2026	Jan	96	96				
	Feb	96	96				
	Mar	96	96				
	April	96	96				
	Mei	96	96				
	Jun	96	96				
	Jul	96	96				
	Agt	96	96				

	Sep	96	96	
	Okt	96	96	
	Nov	96	96	
	Des	96	96	
Total		1156	1156	

MAP	MSE	MAPE
10	195	11,21

11. Hasil pengolahan data dengan metode SES pada IKM Doel

IKM Doel							
2025	<i>Period</i>	<i>Demand</i>	<i>SES</i>	<i>Error</i>	<i>Absolute Error</i>	<i>Squared Error</i>	<i>Absolute Percentage Error</i>
	Jan	100	100				
	Feb	100	100	0	0	0	0,00
	Mar	100	100	0	0	0	0,00
	April	80	100	-20	20	400	25,00
	Mei	120	96	24	24	576	20,00
	Jun	120	101	19	19	369	16,00
	Jul	100	105	-5	5	22	4,64
	Agt	100	104	-4	4	14	3,71
	Sep	120	103	17	17	290	14,19

IKM Doel							
	Okt	100	106	-6	6	41	6,38
	Nov	100	105	-5	5	26	5,10
	Des	120	104	16	16	253	13,27
2026	Jan	107	107				
	Feb	107	107				
	Mar	107	107				
	April	107	107				
	Mei	107	107				
	Jun	107	107				
	Jul	107	107				
	Agt	107	107				
	Sep	107	107				
	Okt	107	107				
	Nov	107	107				
	Des	107	107				
	Total	1287	1287				

MAP	MSE	MAPE
11	181	9,84

12. Hasil pengolahan data dengan metode SES pada IKM SDK

IKM SDK							
	<i>Period</i>	<i>Demand</i>	<i>SES</i>	<i>Error</i>	<i>Absolute Error</i>	<i>Squared Error</i>	<i>Absolute Percentage Error</i>
2025	Jan	120	120				
	Feb	100	120	-20	20	400	20,00
	Mar	100	116	-16	16	256	16,00
	April	100	113	-13	13	164	20,00
	Mei	120	110	10	10	95	8,13
	Jun	100	112	-12	12	149	12,19
	Jul	120	110	10	10	105	8,54
	Agt	100	112	-12	12	139	11,80
	Sep	120	109	11	11	111	8,80
	Okt	120	112	8	8	71	7,04
	Nov	100	113	-13	13	175	13,24
	Des	120	111	9	9	88	7,84
2026	Jan	112	112				
	Feb	112	112				
	Mar	112	112				
	April	112	112				
	Mei	112	112				
	Jun	112	112				
	Jul	112	112				
	Agt	112	112				
	Sep	112	112				

IKM SDK				
	Okt	112	112	
	Nov	112	112	
	Des	112	112	
	Total	1350	1350	

MAP	MSE	MAPE
12	160	12,14