

BAB II

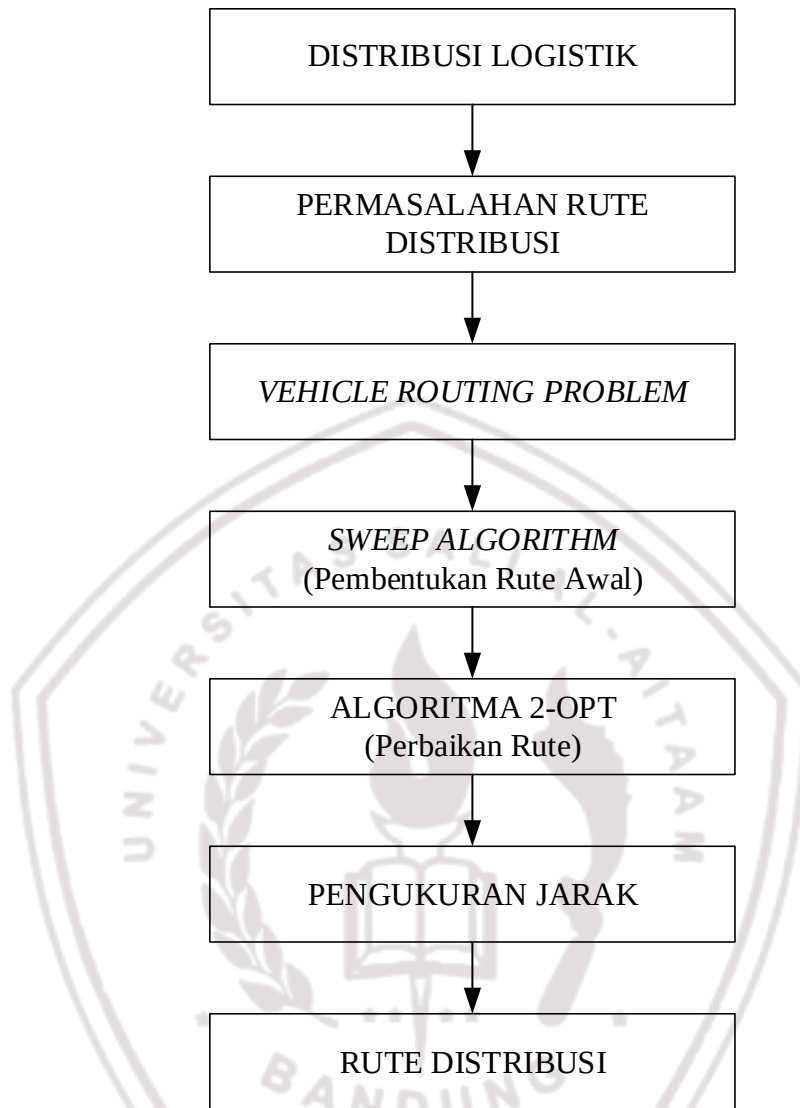
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kerangka Konsep

Kerangka konsep dalam penelitian ini disusun untuk menjelaskan hubungan antar konsep yang digunakan dalam proses pembentukan rute distribusi kurir. Penelitian ini berfokus pada upaya mengoptimalkan rute distribusi melalui pendekatan *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan memanfaatkan kombinasi metode *Sweep Algorithm* dan algoritma 2-OPT. Permasalahan utama dalam distribusi kurir adalah belum optimalnya rute pengiriman yang menyebabkan jarak tempuh menjadi lebih panjang serta waktu distribusi menjadi tidak efisien. Kondisi tersebut berdampak pada meningkatnya biaya operasional dan menurunnya kualitas layanan kepada pelanggan. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang mampu menghasilkan rute distribusi yang lebih efektif dan efisien.

Dalam penelitian ini, penyelesaian permasalahan dilakukan melalui beberapa tahapan yang saling terintegrasi untuk mencapai hasil yang optimal. Tahap awal dimulai dengan memodelkan permasalahan distribusi ke dalam bentuk *Vehicle Routing Problem* (VRP) sebagai dasar analisis. Selanjutnya, digunakan *Sweep Algorithm* untuk membentuk rute awal berdasarkan pengelompokan pelanggan sesuai dengan posisi geografisnya. Rute yang telah terbentuk kemudian diperbaiki menggunakan algoritma 2-OPT guna meminimalkan jarak tempuh secara keseluruhan. Dengan demikian, kombinasi kedua metode tersebut diharapkan mampu menghasilkan rute distribusi yang lebih optimal dan efisien.

Adapun gambaran kerangka konsep dalam penelitian ini dapat dilihat pada bagan berikut:



Gambar 2.1 Kerangka Konsep

Sumber: Disusun Oleh Peneliti (2026)

Alur kerangka teori pada penelitian ini dimulai dari konsep distribusi logistik yang menjadi dasar dalam kegiatan penyaluran barang kepada pelanggan. Permasalahan yang muncul dalam distribusi kemudian dimodelkan ke dalam *Vehicle Routing Problem* (VRP) sebagai bentuk pendekatan optimasi rute. Selanjutnya, digunakan *Sweep Algorithm* untuk membentuk rute awal berdasarkan pengelompokkan pelanggan sesuai lokasi geografis. Rute yang telah terbentuk kemudian diperbaiki menggunakan algoritma 2-OPT untuk menghasilkan jarak tempuh yang lebih optimal. Hasil akhir dari proses tersebut

adalah rute distribusi yang lebih efisien berdasarkan pengukuran jarak yang minimum.

2.2 Kajian Teori

2.2.1 Distribusi dan Logistik

Distribusi merupakan proses penyaluran barang dari produsen kepada konsumen untuk memenuhi kebutuhan pasar secara efektif dan efisien. Dalam sistem logistik modern, distribusi menjadi salah satu komponen penting yang menentukan keberhasilan operasional perusahaan, khususnya dalam sektor pengiriman barang. Kegiatan distribusi tidak hanya mencakup pemindahan barang, tetapi juga melibatkan perencanaan, pengendalian, dan pengawasan aliran barang dari titik asal ke tujuan. Efektivitas distribusi sangat dipengaruhi oleh pemilihan rute yang tepat serta pengelolaan waktu pengiriman. Menurut Arifta & Rakhmawati (2023), sistem distribusi yang optimal dapat meningkatkan efisiensi biaya dan waktu dalam proses pengiriman barang.

Dalam praktiknya, distribusi sering menghadapi berbagai permasalahan seperti keterbatasan armada, jarak tempuh yang panjang, serta ketidakteraturan rute pengiriman. Permasalahan tersebut dapat menyebabkan pemborosan biaya operasional dan waktu pengiriman yang tidak efisien. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang mampu mengoptimalkan rute distribusi agar lebih efektif. Penggunaan pendekatan matematis dan algoritma dalam sistem distribusi menjadi solusi yang banyak digunakan saat ini. Rohmah (2026) menyatakan bahwa optimalisasi rute distribusi dapat meningkatkan efisiensi transportasi serta menekan biaya operasional perusahaan.

Selain itu, perkembangan teknologi juga memberikan kontribusi besar dalam meningkatkan sistem distribusi. Penggunaan data geografis, koordinat lokasi, serta sistem informasi berbasis komputer memungkinkan proses distribusi menjadi lebih terstruktur dan akurat.

Sistem distribusi yang baik harus mampu mengintegrasikan berbagai faktor seperti jarak, waktu, dan kapasitas kendaraan. Hal ini bertujuan agar proses pengiriman dapat berjalan secara optimal dan tepat sasaran. Dengan demikian, distribusi yang efektif menjadi kunci utama dalam meningkatkan daya saing perusahaan di bidang logistik.

2.2.2 *Vehicle Routing Problem (VRP)*

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan salah satu permasalahan optimasi yang bertujuan untuk menentukan rute kendaraan dalam mendistribusikan barang ke sejumlah pelanggan dengan biaya minimum. Permasalahan ini melibatkan beberapa komponen utama seperti depot, kendaraan, dan pelanggan yang harus dilayani. VRP menjadi salah satu topik penting dalam bidang optimasi dan logistik karena memiliki dampak langsung terhadap efisiensi distribusi. Tujuan utama dari VRP adalah meminimalkan total jarak tempuh atau biaya distribusi. Tan & Yeh (2021) menyatakan bahwa VRP merupakan permasalahan optimasi kombinatorial yang kompleks dan banyak dikaji dalam berbagai penelitian.

Dalam implementasinya, VRP memiliki berbagai variasi yang disesuaikan dengan kondisi nyata di lapangan. Salah satu variasi yang umum digunakan adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*, yaitu VRP yang mempertimbangkan kapasitas kendaraan. Selain itu, terdapat juga VRP dengan batasan waktu atau dikenal dengan *Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)*. Setiap variasi VRP memiliki karakteristik dan tingkat kompleksitas yang berbeda. Ibrahim et al. (2021) menjelaskan bahwa VRP dengan berbagai kendala seperti waktu dan kapasitas memerlukan pendekatan algoritma yang tepat untuk menghasilkan solusi optimal.

Permasalahan VRP tidak dapat diselesaikan secara optimal menggunakan metode konvensional karena kompleksitasnya yang tinggi. Oleh karena itu, digunakan pendekatan heuristik dan metaheuristik untuk

mendapatkan solusi mendekati optimal dalam waktu yang lebih cepat. Metode heuristik seperti *Sweep Algorithm* dan 2-OPT sering digunakan dalam penyelesaian VRP. Pendekatan ini mampu memberikan solusi yang cukup baik dengan waktu komputasi yang relatif singkat. Dengan demikian, VRP menjadi dasar penting dalam penelitian optimasi rute distribusi

2.2.3 Optimasi Rute

Optimasi rute merupakan proses penentuan jalur terbaik yang dapat meminimalkan jarak tempuh, waktu, atau biaya dalam kegiatan distribusi. Dalam konteks logistik, optimasi rute sangat penting untuk meningkatkan efisiensi operasional perusahaan. Proses ini melibatkan berbagai variabel seperti lokasi pelanggan, kapasitas kendaraan, serta kondisi jalan. Dengan adanya optimasi rute, perusahaan dapat mengurangi biaya transportasi dan meningkatkan kualitas layanan kepada pelanggan. Winadi (2023) menyatakan bahwa optimasi rute dapat memberikan penghematan jarak dan biaya distribusi secara signifikan.

Dalam penerapannya, optimasi rute sering dilakukan dengan menggunakan pendekatan matematis dan algoritma heuristik. Metode heuristik dipilih karena mampu memberikan solusi dalam waktu yang relatif singkat dibandingkan metode eksak. Selain itu, metode ini juga lebih fleksibel dalam menangani berbagai kondisi nyata di lapangan. Penggunaan algoritma dalam optimasi rute juga memungkinkan analisis yang lebih akurat dan sistematis. Hal ini menjadikan optimasi rute sebagai salah satu bidang yang terus berkembang dalam penelitian logistik.

Optimasi rute tidak hanya bertujuan untuk mengurangi jarak tempuh, tetapi juga untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Dengan rute yang optimal, penggunaan bahan bakar dapat ditekan dan waktu pengiriman menjadi lebih cepat. Hal ini berdampak pada peningkatan kepuasan pelanggan serta daya saing perusahaan. Oleh karena itu, optimasi rute menjadi salah satu aspek penting dalam sistem

distribusi modern. Implementasi metode optimasi yang tepat dapat memberikan keuntungan kompetitif bagi perusahaan.

2.2.4 *Sweep Algorithm*

Sweep Algorithm merupakan metode heuristik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem* dengan cara mengelompokkan pelanggan berdasarkan sudut polar terhadap depot. Algoritma ini bekerja dengan cara menyapu titik-titik pelanggan secara berurutan berdasarkan sudut tertentu. Metode ini dikenal sederhana namun efektif dalam menghasilkan solusi awal untuk permasalahan rute distribusi. *Sweep Algorithm* sering digunakan pada tahap awal sebelum dilakukan perbaikan rute menggunakan metode lain. Ekayanti et al. (2024) menyatakan bahwa *Sweep Algorithm* mampu menghasilkan pembentukan rute yang efisien dalam penyelesaian CVRP.

Proses kerja *Sweep Algorithm* dimulai dengan menentukan depot sebagai pusat koordinat. Selanjutnya, setiap titik pelanggan dihitung sudutnya terhadap depot menggunakan koordinat kartesius. Titik-titik tersebut kemudian diurutkan berdasarkan besar sudut secara berurutan. Setelah itu, pelanggan dikelompokkan ke dalam beberapa rute berdasarkan kapasitas kendaraan. Taptajani (2021) menjelaskan bahwa *Sweep Algorithm* terdiri dari tahap *clustering* dan pembentukan rute untuk setiap kelompok pelanggan.

Kelebihan dari *Sweep Algorithm* adalah kemudahannya dalam implementasi serta waktu komputasi yang relatif cepat. Namun, algoritma ini memiliki kelemahan yaitu solusi yang dihasilkan belum tentu optimal secara global. Oleh karena itu, diperlukan metode tambahan untuk memperbaiki hasil rute yang telah terbentuk. Kombinasi *Sweep Algorithm* dengan metode lain seperti 2-OPT sering digunakan untuk meningkatkan kualitas solusi. Dengan demikian, *Sweep Algorithm* menjadi metode awal yang penting dalam optimasi rute distribusi.

2.2.5 Algoritma 2-OPT

Algoritma 2-OPT merupakan metode heuristik yang digunakan untuk memperbaiki rute distribusi dengan cara menukar dua sisi dalam suatu rute sehingga diperoleh jarak yang lebih pendek. Metode ini banyak digunakan dalam permasalahan optimasi seperti *Vehicle Routing Problem* karena kemampuannya dalam meningkatkan kualitas solusi secara signifikan. Algoritma 2-OPT bekerja dengan menghilangkan persilangan jalur yang tidak efisien sehingga rute menjadi lebih optimal. Dalam penelitian terbaru, metode 2-OPT masih menjadi salah satu pendekatan yang efektif dalam proses perbaikan rute distribusi. Hal ini didukung oleh penelitian yang menunjukkan bahwa 2-OPT mampu meningkatkan efisiensi jarak tempuh dalam sistem logistik (Tan & Yeh, 2021).

Cara kerja algoritma 2-OPT dilakukan dengan memilih dua sisi dalam rute kemudian menukarnya jika menghasilkan jarak yang lebih pendek. Proses ini dilakukan secara iteratif hingga tidak ditemukan lagi perbaikan yang signifikan dalam rute tersebut. Metode ini memiliki keunggulan dalam kesederhanaan implementasi serta kemampuan dalam meningkatkan solusi awal dengan cepat. Selain itu, algoritma ini sering dikombinasikan dengan metode lain untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal. Penelitian oleh Ekayanti et al. (2024) menunjukkan bahwa kombinasi metode heuristik seperti 2-OPT dapat meningkatkan kualitas rute distribusi secara signifikan.

Meskipun memiliki kelebihan, algoritma 2-OPT juga memiliki keterbatasan yaitu cenderung menghasilkan solusi lokal optimum. Hal ini menyebabkan solusi yang diperoleh belum tentu merupakan solusi terbaik secara global. Oleh karena itu, diperlukan kombinasi dengan metode lain untuk meningkatkan hasil optimasi. Penggunaan 2-OPT sebagai metode perbaikan sangat umum dalam penelitian optimasi rute distribusi. Rohmah (2026) menyatakan bahwa metode heuristik seperti

2-OPT efektif dalam meningkatkan efisiensi sistem distribusi meskipun memiliki keterbatasan pada pencarian solusi global.

2.2.6 *Distance Measurement* (Pengukuran Jarak)

Pengukuran jarak merupakan komponen penting dalam optimasi rute distribusi karena menjadi dasar dalam perhitungan biaya dan waktu pengiriman. Dalam permasalahan *Vehicle Routing Problem*, jarak antar titik menjadi faktor utama dalam menentukan solusi optimal. Salah satu metode yang umum digunakan adalah *Euclidean Distance* yang menghitung jarak berdasarkan koordinat dua titik. Metode ini banyak digunakan karena kemudahan dalam perhitungan dan implementasinya. Tan & Yeh (2021) menyatakan bahwa pengukuran jarak merupakan elemen penting dalam penyelesaian permasalahan VRP.

Selain *Euclidean Distance*, pengukuran jarak juga dapat dilakukan menggunakan jarak aktual berdasarkan kondisi geografis. Penggunaan data berbasis peta seperti sistem informasi geografis dapat memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan perhitungan sederhana. Hal ini karena faktor seperti kondisi jalan dan jarak tempuh nyata dapat diperhitungkan secara langsung. Winadi (2023) menyatakan bahwa penggunaan data aktual dalam pengukuran jarak dapat meningkatkan kualitas hasil optimasi rute distribusi. Oleh karena itu, pemilihan metode pengukuran jarak harus disesuaikan dengan kebutuhan penelitian.

Pengukuran jarak yang tepat sangat berpengaruh terhadap hasil optimasi rute distribusi yang dihasilkan. Kesalahan dalam perhitungan jarak dapat menyebabkan solusi yang tidak optimal dan meningkatkan biaya operasional. Oleh karena itu, diperlukan metode yang akurat dan relevan dengan kondisi nyata di lapangan. Rohmah (2026) menyatakan bahwa penggunaan metode pengukuran jarak yang tepat dapat meningkatkan efisiensi sistem distribusi secara keseluruhan. Dengan

demikian, pengukuran jarak menjadi salah satu aspek penting dalam penelitian optimasi rute distribusi.

2.3 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan salah satu bagian penting dalam penyusunan karya ilmiah yang berfungsi sebagai landasan untuk memahami perkembangan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Dalam konteks optimasi rute distribusi, berbagai penelitian telah dilakukan dengan menggunakan beragam metode untuk menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP). Metode seperti *Sweep Algorithm* digunakan untuk membentuk rute awal berdasarkan kedekatan geografis, sedangkan algoritma 2-opt banyak dimanfaatkan untuk mengoptimalkan rute agar lebih efisien. Selain itu, terdapat pula penelitian yang menggunakan metode lain sebagai pembandingan dalam meningkatkan efektivitas distribusi.

Oleh karena itu, kajian terhadap penelitian terdahulu diperlukan untuk mengetahui posisi dan kontribusi penelitian yang dilakukan.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Peneliti & Tahun	Objek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
1	<i>Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) with Sweep and Nearest Neighbor Algorithm</i>	Ekayanti et al., 2024	Distribusi logistik (CVRP)	<i>Sweep Algorithm & Nearest Neighbor</i>	Metode <i>Sweep</i> efektif dalam mengelompokkan pelanggan berdasarkan lokasi sehingga mempermudah pembentukan rute distribusi yang efisien	Tidak menggunakan algoritma 2-opt sebagai perbaikan rute
2	<i>Optimal routing with road network for scattered farm fields: Computational</i>	Nemoto et al., 2024	Distribusi pada lahan pertanian	<i>Branch and Cut & 2-opt</i>	Algoritma 2-opt mampu memperbaiki rute sehingga	Tidak menggunakan metode <i>Sweep</i> sebagai pembentukan rute awal

No	Judul	Peneliti & Tahun	Objek Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
	<i>experiments with the branch-and-cut and 2-opt algorithms and case study on an agricultural corporation in Japan</i>				menghasilkan jarak tempuh yang lebih optimal	
3	<i>Graph attention, learning 2-opt algorithm for the traveling salesman problem</i>	Leo et al., 2025	Traveling Salesman Problem (TSP)	2-opt berbasis pembelajaran (AI)	Pengembangan 2-opt berbasis pembelajaran meningkatkan efisiensi pencarian rute optimal	Fokus pada TSP dan AI, bukan distribusi kurir atau kombinasi <i>Sweep</i>
4	<i>The Vehicle Routing Problem with Time Windows Based on Agent Travel Time: An Exploration of Genetic Algorithm Reproduction Schemes</i>	Hanif et al., 2025	Distribusi dengan batas waktu (VRPTW)	<i>Genetic Algorithm</i>	Metode GA mampu mengoptimalkan rute distribusi dengan mempertimbangkan waktu tempuh	Tidak menggunakan <i>Sweep</i> maupun 2-opt

Sumber: Disusun oleh peneliti berdasarkan hasil kajian penelitian terdahulu (2026)

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu yang telah dikaji, dapat diketahui bahwa berbagai metode telah diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP) sesuai dengan karakteristik distribusi yang diteliti. Penelitian Ekayanti et al. (2024) menunjukkan bahwa *Sweep Algorithm* mampu membentuk rute awal secara efektif melalui pengelompokan pelanggan berdasarkan kedekatan geografis sehingga proses distribusi menjadi lebih terstruktur. Sementara itu, penelitian Hanif et al. (2025) menunjukkan bahwa penerapan metode optimasi pada permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* mampu meningkatkan efisiensi distribusi dengan mempertimbangkan waktu perjalanan. Penelitian Luo et al. (2025) dan Nemoto et al. (2024) juga menunjukkan bahwa penerapan algoritma

optimasi rute dapat mengurangi jarak tempuh maupun waktu distribusi sehingga meningkatkan efisiensi sistem distribusi. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode heuristik maupun metaheuristik memiliki kemampuan yang baik dalam menyelesaikan permasalahan optimasi rute distribusi, meskipun masing-masing memiliki pendekatan dan karakteristik yang berbeda.

Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan. Penelitian Ekayanti et al. (2024) yang menggunakan *Sweep Algorithm* berfokus pada pembentukan rute awal melalui pengelompokan pelanggan berdasarkan kedekatan geografis, tetapi proses penyusunan rute dilanjutkan dengan *Nearest Neighbor* dan belum menggunakan algoritma *2-OPT* untuk melakukan perbaikan terhadap rute yang telah terbentuk. Sebaliknya, penelitian Nemoto et al. (2024) yang menerapkan algoritma *2-OPT* berfokus pada penyempurnaan urutan kunjungan pelanggan, tetapi tidak mengintegrasikan *2-OPT* dengan *Sweep Algorithm* sebagai metode pembentukan kelompok pelanggan berdasarkan kedekatan wilayah. Penelitian Hanif et al. (2025) menggunakan *Genetic Algorithm* pada permasalahan *Vehicle Routing Problem with Time Windows* dengan mempertimbangkan batasan waktu, sedangkan penelitian Luo et al. (2025) menggunakan pendekatan optimasi dengan karakteristik permasalahan yang berbeda. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa masing-masing penelitian telah menyelesaikan aspek tertentu dari permasalahan optimasi rute, tetapi belum secara khusus mengintegrasikan proses pembentukan rute awal dan perbaikan urutan kunjungan dalam satu tahapan penyelesaian pada permasalahan distribusi kurir.

Keterbatasan tersebut menjadi penting karena pembentukan rute awal dan perbaikan rute memiliki fungsi yang berbeda dalam proses optimasi. *Sweep Algorithm* mampu mengelompokkan pelanggan berdasarkan kedekatan geografis sehingga dapat menghasilkan struktur rute awal yang lebih terarah, tetapi pengelompokan tersebut belum menjamin bahwa urutan kunjungan pelanggan dalam setiap rute telah menghasilkan jarak tempuh yang minimum.

Sementara itu, algoritma *2-OPT* mampu memperbaiki urutan kunjungan dengan melakukan pertukaran sisi pada rute sehingga lintasan yang kurang efisien dapat dikurangi, tetapi proses tersebut memerlukan rute awal sebagai dasar optimasi. Dengan demikian, penggunaan kedua metode secara terpisah belum memberikan tahapan penyelesaian yang secara khusus menggabungkan proses pengelompokan pelanggan dan penyempurnaan urutan kunjungan. Hal tersebut menunjukkan adanya kebutuhan untuk mengintegrasikan metode pembentukan rute awal dengan metode perbaikan rute sehingga proses optimasi dapat dilakukan secara lebih terstruktur dan berkesinambungan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengombinasikan *Sweep Algorithm* sebagai metode pembentukan rute awal dan algoritma *2-OPT* sebagai metode optimasi lanjutan dalam pembentukan rute distribusi kurir. *Sweep Algorithm* digunakan untuk mengelompokkan pelanggan berdasarkan kedekatan wilayah melalui perhitungan sudut polar sehingga diperoleh rute awal yang lebih terstruktur, sedangkan algoritma *2-OPT* digunakan untuk memperbaiki urutan kunjungan pada setiap rute dengan menghilangkan lintasan yang kurang efisien sehingga total jarak tempuh dapat diminimalkan. Kombinasi kedua metode tersebut dipilih karena memiliki fungsi yang saling melengkapi, yaitu *Sweep Algorithm* berperan dalam membentuk struktur rute awal, sedangkan algoritma *2-OPT* berperan dalam menyempurnakan rute yang telah terbentuk. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi melalui penerapan kombinasi kedua metode tersebut pada permasalahan distribusi kurir berdasarkan kondisi aktual perusahaan, dengan mengevaluasi perubahan total jarak tempuh dan biaya operasional sebagai dasar untuk menilai peningkatan efisiensi distribusi.